

Пояснювальна записка до дипломного проекту

на тему: Модернізація автоматизованої пневматичної лінії ПРК.0852

Київ – 2020 рік

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ**

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ О.Ф. Луговський
(підпис) (ініціали, прізвище)
“ ” _____ 2020 р.

**Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра**

з спеціальності **131 Прикладна механіка**
(код і назва)

на тему: Модернізація автоматизованої пневматичної лінії ПРК.0852 _____

Виконав (-ла): студент (-ка) 4 курсу, групи МА-42В
(шифр групи)

Ошкін Богдан Олександрович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник доцент к.т.н., Галецький О.С. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант з охорони праці _____ ст.викладач Ковтун А.І. _____
(назва розділу) (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультант з технології машинобудування к.т.н., доц. Кореньков В.М. _____
(назва розділу) (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент к.т.н., доц. Борис Руслан Степанович _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2020 рік

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут механіко-машинобудівний
(повна назва)

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки
(повна назва)

Рівень вищої освіти - перший (бакалаврський)

Спеціальність 131 Прикладна механіка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

О.Ф. Луговський
(підпис) (прізвище ініціали)

“ ____ ” _____ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту**

Ошкіну Богдану Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту: Модернізація автоматизованої пневматичної лінії
ПРК.0852 _____

керівник проекту Галецький Олександр Сергійович к.т.н. доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по університету від “ 20 ” травня 2020 року № 1120-с

2. Термін подання студентом проекту _____

3. Вихідні дані до проекту : тиск в лінії магістралі – 0.7 МПа; довжина робочого ходу приводу – 0.08 м; маса рухомих частин приводу – 20 кг; максимальна маса вантажу – 280 кг; очікуваний час спрацювання основного приводу 5с. _____

4. Зміст пояснювальної записки: аналіз існуючих видів автоматичних ліній в промисловості; розроблення системи накопичення пневматичної енергії; технологія машинобудування; охорона праці _____

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів, презентацій тощо)

втулка задня; втулка передня; втулка штокова; корпус; кришка задня; кришка передня; пневмоциліндр складальне креслення; поршень; шток.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Охорона праці	ст.викл. Ковтун А.І.		
2. Технологія машинобудування	доц. Кореньков В.М.		

7. Дата видачі завдання 03.02.2020

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Отримання завдання до дипломного проектування	03.02.2020-06.02.2020	
2	Аналіз існуючих пневматичних ліній подібних до ПРК.0852	07.02.2020-15.04.2020	
3	Модернізація пневматичної лінії ПРК.0852	15.04.2020-01.05.2020	
4	Проведення розрахунків для модернізованої частини пневматичної лінії ПРК.0852	01.05.2020-10.05.2020	
5	Підготовлення технічної документації та креслень проекту	10.05.2020-01.06.2020	
6	Виконання розділів «Охорона праці» та «Технологія машинобудування»	01.05.2020-08.06.2020	

Студент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Анотація

Пневматика є часто використовувана у виробництві, через її переваги, такі як простота конструкції, низька собівартість, доступність енергоносія, надійність і довговічність. В особливості, там де потрібна відсутність витоків робочої рідини, що може забруднити або зробити неліквідним кінцевий продукт, а також вага продукції і потужність системи невелика, тобто в харчовому, фармацевтичному та хімічному виробництвах.

Оскільки дані типи виробництва є масові, то і використання пневматичного обладнання є постійним, але робоче тіло пневматики є дорожчим ніж електрика чи гідравліка, тому і ціни на продукцію будуть більші.

Підвищення енергоефективності системи може бути реалізовано багатьма різними способами, для вирішення цієї проблеми було запропоновано повторне використання пневматичної енергії, тобто підготовленого стиснутого повітря. На разі повторне використання робочого повітря, у пневматичних системах не використовувалося, якщо це не було у початковій цілі системи.

Annotation

Pneumatics are often used in production because of its advantages, such as simplicity of construction, low cost, availability of energy, reliability and durability. In particular, where there is no need for leakage of working fluid, which can contaminate or make illiquid the final product, as well as the weight of the product and the capacity of the system is small, ie in food, pharmaceutical and chemical industries.

Since these types of production are mass, the use of pneumatic equipment is constant, but the working fluid of pneumatics is more expensive than electricity or hydraulics, so the prices for products will be higher.

Improving the energy efficiency of the system can be realized in many different ways, to solve this problem it was proposed to reuse pneumatic energy, ie prepared compressed air. In the case of reuse of working air, it was not used in pneumatic systems unless it was in the original purpose of the system.

ЗМІСТ	ст.
Вступ	10
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ВИДІВ АВТОМАТИЧНИХ ЛІНІЙ В ПРОМИСЛОВОСТІ	11
1.1 Підйомний стіл для різки скла механічним ломателем «Мастер 2.0».	12
1.2 Верстат для штамповки свинцевих важків.	13
1.3 Пневматична схема автоматизованого складання табуретки з 3 ніжками.	15
1.4 Промисловий робот МП-9С	16
1.5 Верстат СБУ-100Г	18
1.6 Контактна зварка	19
1.7 ПРК.0852	20
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ НАКОПИЧЕННЯ ПНЕВМАТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ	22
2.1 Модернізація схеми	22
2.2 Розрахунки циліндру	24
2.3 Статичний розрахунок основного приводу	25
2.4 Динамічний розрахунок основного приводу	26
2.5 Знаходження пропускної здатності пневмоліній	28
2.6 Врахування об'ємів трубопроводів при динамічному розрахунку	31
2.7 Визначення часу підготовчого періоду	33
2.8 Визначення часу руху	36
2.9 Визначення часу заключного періоду	37
2.10 Визначення часу прямого ходу	38

					МА42В.001.000.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Ошкін				Модернізація автоматизованої пневматичної лінії ПРК.0852 Пояснювальна записка	Літера	Аркуш
Перевірів	Галєцький						8
							59
Н. Контр.						КПІ ім. Ігоря	
Затвердив							

2.11 Діаграма роботи пневмоциліндра двосторонньої дії	38
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ	40
3.1 Технологічний контроль якості кресленика	40
3.2 Аналіз службового призначення деталі та умов її роботи у вузлі	41
3.3 Вибір способу виготовлення заготовки та його технічне обґрунтування	42
3.4 Проектування маршрутного технологічного процесу	43
3.4.1 Вибір типу обладнання, пристроїв та інструменту	43
3.4.2 Вибір типового технологічного процесу	44
3.4.3 Розробка маршрутного технологічного процесу	48
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	49
4.1 Характеристика об'єкту	49
4.2 Мікроклімат	50
4.3 Освітлення	52
4.4 Електробезпека	54
4.5 Пожежна безпека	55
4.6 Робота за комп'ютером	56
Загальні висновки	58
Використанні джерела	59
Специфікації	61

Вступ

Одним з недоліків пневматики є ціна. У цього недоліка є дві складові, перша це, на низьких показниках потужності, ціна є вища, ніж у гідравліки чи електрики (рис.1), що змушує нас використовувати пневматику тільки для високих потужностей.

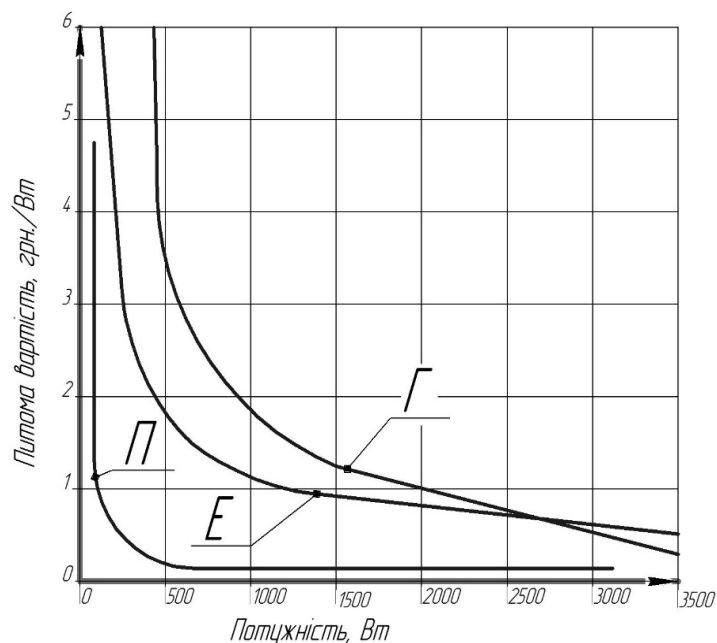


Рис.1.Питома вартість електричних (Е), гідравлічних (Г) і пневматичних (П) приводів в залежності від їх потужності.[1]

Але чим більша потужність тим більша у пневматики питома потужність (рис.2).

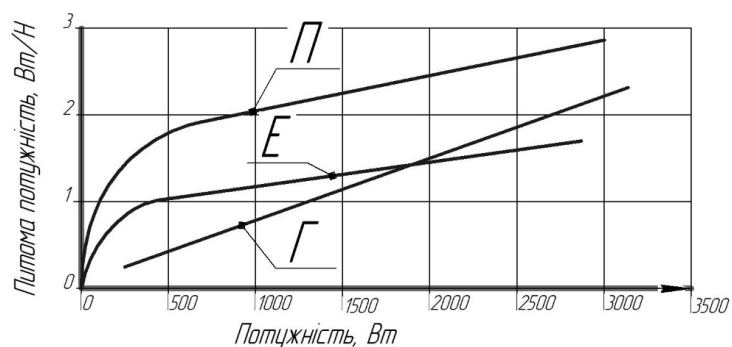


Рис.2.Питома потужність (віднесена до ваги) електричних(Е), гідравлічних(Г) і пневматичних(П) приводів в залежності від їх потужності.[1]

І друга складова це те, що ціна обумовлена і робочим тілом пневматики, яким є підготовлене стиснуте повітря. Робоче тіло пневматики є дорожчим ніж у електрики.

В більшості систем повітря, після використання, стравлюється в атмосферу і компресор знову витрачає електроенергію на нагнітання нового до ресиверу через блок підготовки повітря.

Пневматика є часто застосовувана у виробництві, через її переваги, такі як проста конструкція, низька собівартість, доступність енергоносія, надійність і довговічність. В особливості, там де не повинно бути витоків робочої рідини, що може забруднити або зробити неліквідним кінцевий продукт, а також ваговитість продукції і потужність системи невелика, тобто в харчовому, фармацевтичному та хімічному виробництвах.

Оскільки ці типи виробництва є масові, то і використання пневматичного обладнання є постійним, але робоче тіло пневматики є дорожчим ніж електрика чи гідравліка, тому і вартість на продукцію буде більша.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ВИДІВ АВТОМАТИЧНИХ ЛІНІЙ В ПРОМИСЛОВОСТІ

Було вирішено забезпечити більшу енергоефективність у пневмосистемі, за рахунок повторного застосування робочого тіла, яке можливо забезпечити за допомогою збереження долі використаного повітря. Для збереження цієї долі, рекомендується реалізувати за допомогою модернізації циліндру та демпфування.

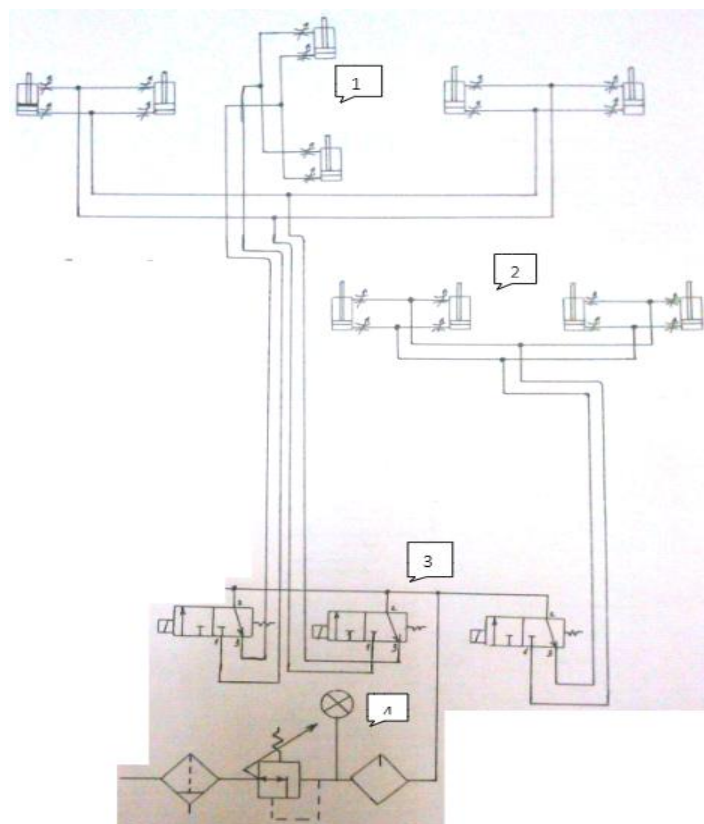
Дана модернізація можлива і на інших пневмосистемах. Далі буде показано декілька прикладів схем пневматичних систем.

					МА42в.001.000.000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1 Підйомний стіл для різки скла механічним ломателем «Мастер 2.0».

Цей виріб слугує для прийому та різки скла, по заданому розміру чи злому. Використовується в промисловості для швидкої обробки скла (рис.3).

Стіл дозволяє істотно підвищити швидкість різання скла і його завантаження на робочу поверхню. Відбувається мінімізація займаного простору, з'являється максимальна виробнича гнучкість. [2]



Пунктами на рисунку позначені:

- 1)Пневмоциліндри ломателів скла.
- 2)Пневмоциліндри опор для скла.
- 3)Керовані пневмоклапани з електрокеруванням.
- 4) Підготовник повітря з відстійником і манометром.

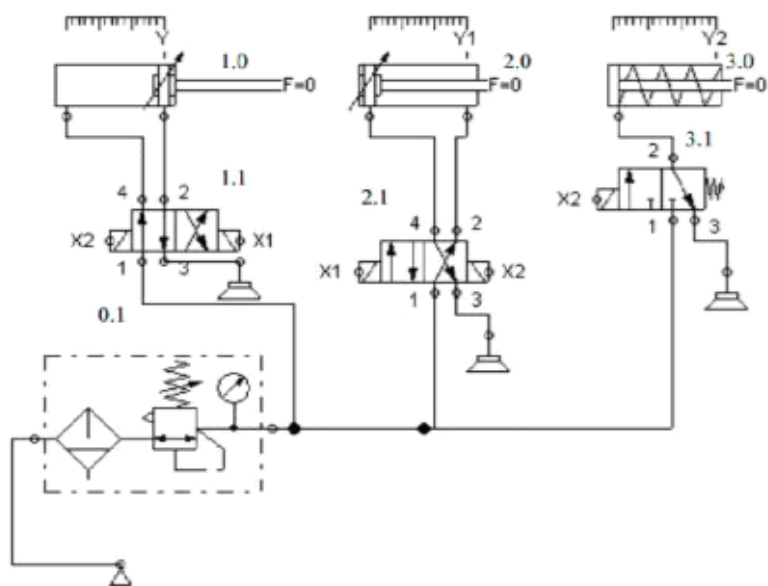
Рис.3. Пневматична схема підйомного стола, для різки скла [2]

					МА42в.001.000.000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Система складається з: 10 пневмоциліндрів, 20 дроселів, 3 моностабільних розподільників 3/2 з електричним керуванням, відстійник, манометр, фільтр вологовідділювач, маслорозпилювач.

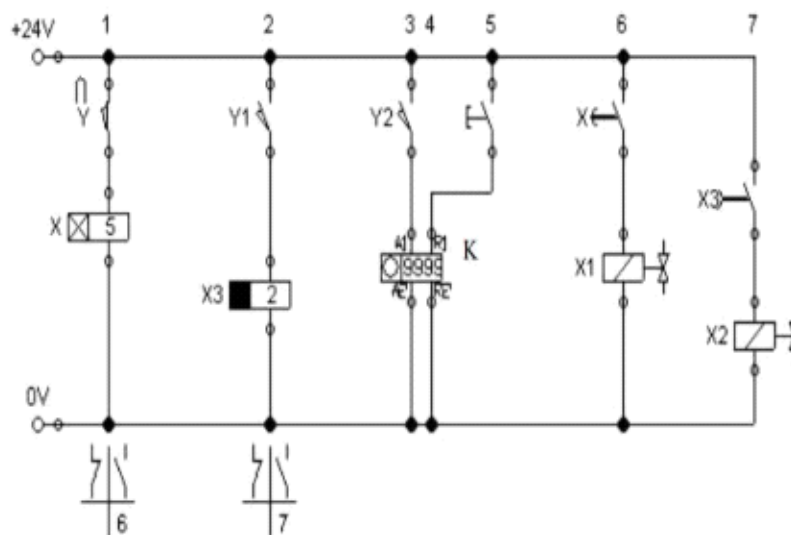
1.2 Верстат для штамповки свинцевих важків.

Система верстату пневматична з електричним керуванням. Слугує для штамповки свинцевих важків (рис.4а,4б). [3]



а)

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		13



б)

Рис.4. Пневматична схема (а) та електрична схема керування розподільників (б) верстата для штамповки свинцевих важків [3]

На схемі прийнятті наступні позначення:

- 1.0 і 2.0 - двосторонні пневмоциліндри з кінцевим датчиком;
- 3.0 - односторонній циліндр з кінцевим датчиком;
- 1.1 і 2.1 - 4/2 розподільники з двостороннім електромагнітним керуванням;
- К - релейні лічильники електричних імпульсів;
- 0.1 - блок підготовки повітря

Схема вміщує: 2 пневмоциліндри двосторонньої дії з керованим демпфуванням, пневмоциліндр односторонньої дії, моностабільний розподільник 4/2 з електричним керуванням, 2 бістабільні розподільники 4/2 з електричним керуванням, блок підготовки повітря.

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Пневматична схема автоматизованого складання табуретки з 3 ніжками.

Схема автоматизованого складання табуретки. (рис.5).

Умовно складається з 10 блоків:

- Блок подачі заготовки;
- Блок фіксації кришки;
- Блок пневмомотору для обертання свердла;
- Блок підведення робочих органів;
- Блок повороту заготовки на 120 градусів;
- Блок дозування клею;
- Блок фіксації ніжок;
- Блок підготовки повітря (на схемі не продемонстровано);
- Блок керування ;
- Блок логічних елементів.

Схема вміщує в себе: 6 пневмоприводів, 35 розподільників, 7 клапанів тиску, реле часу, 49 логічних елементів.

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

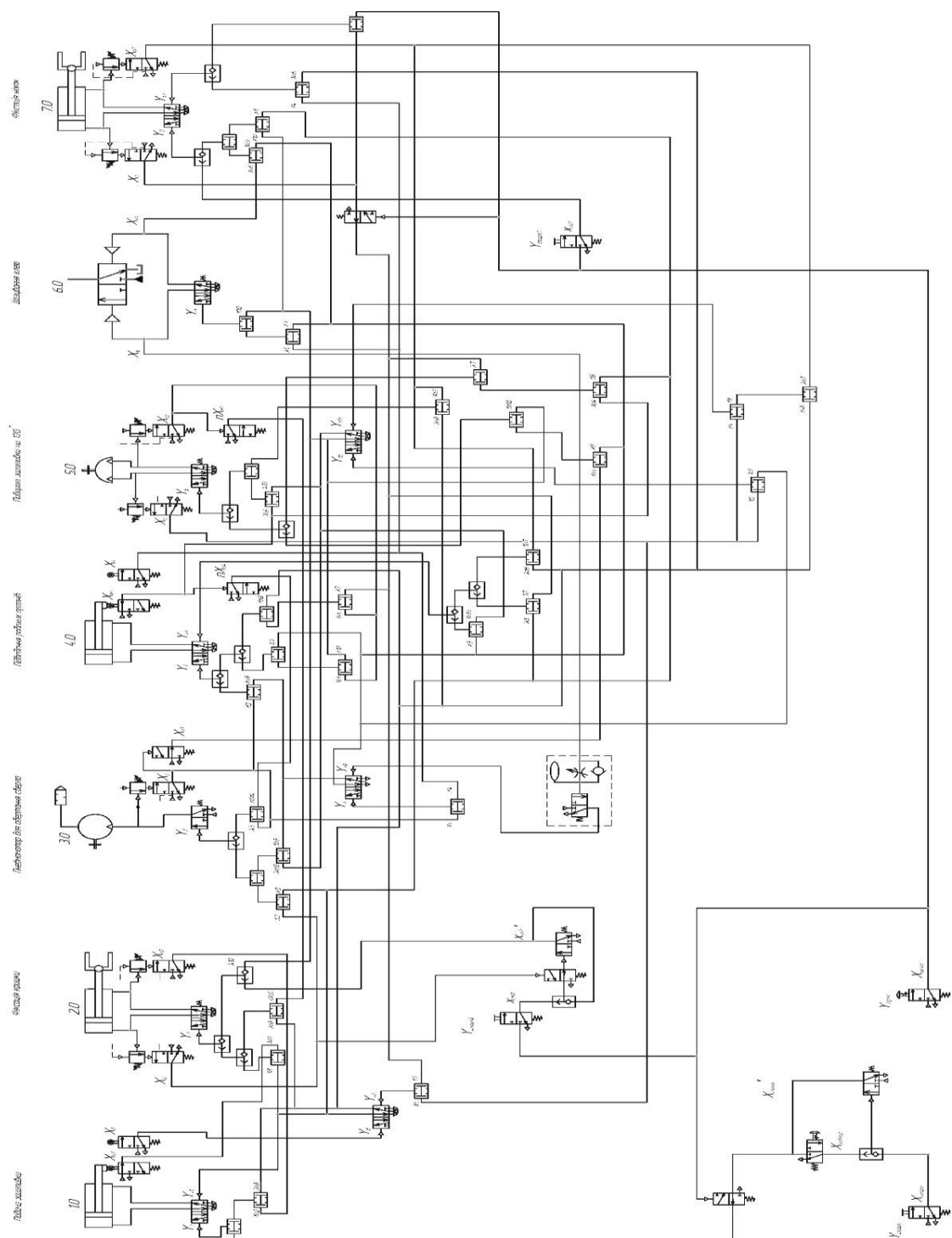


Рис.5. Схема верстату автоматизованого складання табурету.

1.4 Промисловий робот МП-9С

Пневматичний робот МП-9С призначений для завантаження технологічного обладнання. При цьому виконавчий пристрій робота здійснює

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		16

захоплення, перенесення і встановлення деталі по заданих координатах робочої зони (рис.6)[4].

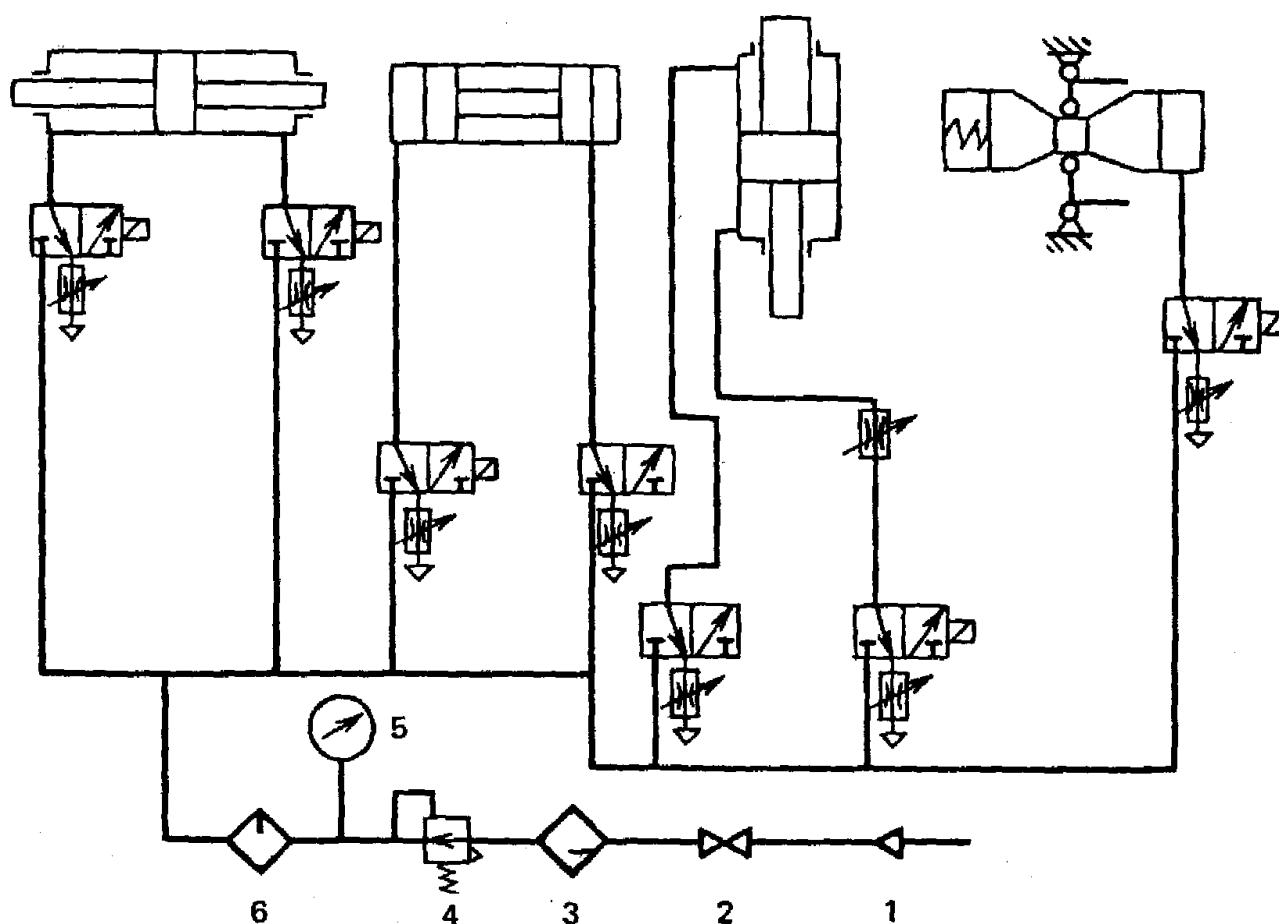


Рис.6. Пневматична схема приводів робота[4]

Вміщує в себе: привід горизонтального переміщення виконавчого пристрою маніпулятора, привід повороту виконавчого пристрою маніпулятора, привід вертикального переміщення виконавчого пристрою маніпулятора, привід захоплюючого пристрою, 7 моностабільних розподільників 3/2 з електромагнітним керуванням, 8 дроселів, маслорозпилювач, вологовідділювач, манометр, кран.

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк. 17
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5 Верстат СБУ-100Г

Верстат СБУ-100Г - це буровий верстат створений для видалення бурового дріб'язку з свердловини, охолодження долота, управління затворами бункерів пиловловлюючої установки, гальмування шпинделя вертлюга при складанні і розбиранні бурового свердла. Одночасно за допомогою стиснутого повітря здійснюються робота склоочисників і обдув верстата.

Підготовлене стиснуте повітря пневматична система верстатів 2СБШ-200-32, 2СБШ-200-40, 4СБШ-200-40, СБУ-100Г і 3СБШ-200-60 отримує від компресорної установки 6ВКМ25 / 8 з подачею 25 м³ / хв і тиском 0,8 МПа. З 1987 р на верстатах застосовують компресорні установки 7ВВ32 / 7 з подачею 32 м³ / хв і тиском 0,7 МПа. [10]

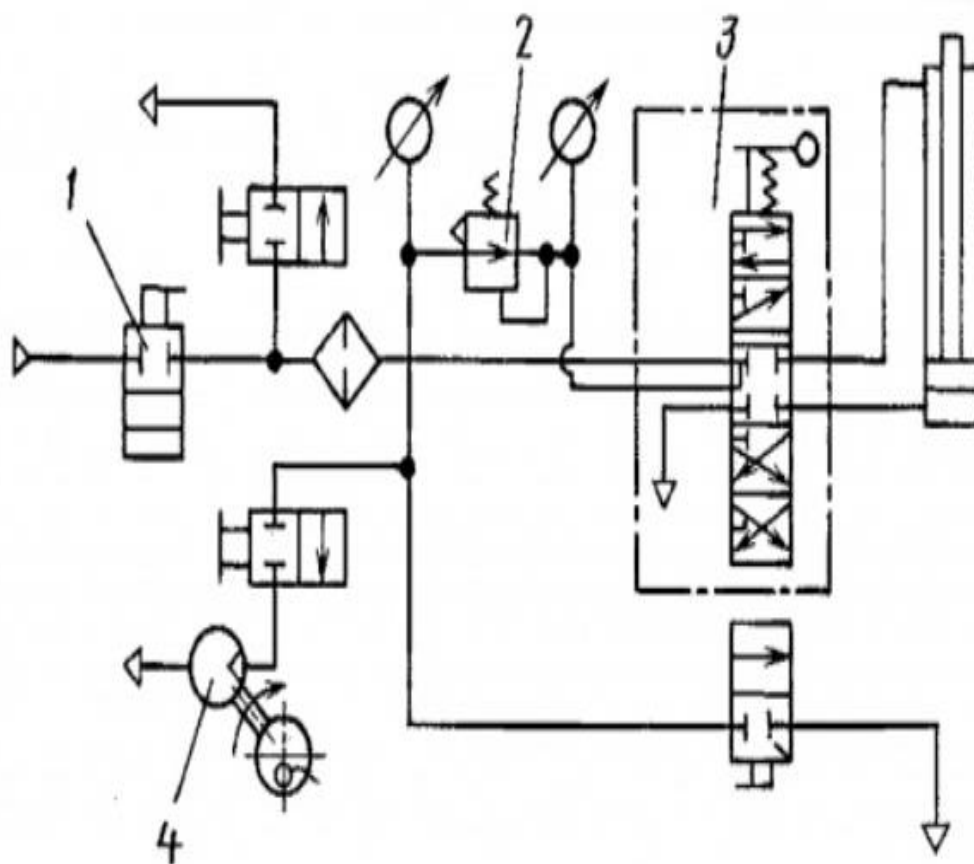


Рис.7. Пневматична схема верстату СБУ-100Г [10]

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Верстат вміщує в себе: 4 крани (1), 2 манометри, розподільник 5/5 з ручним керуванням(3), пневмоциліндр двосторонньої дії, регулятор тиску (2) та компресор (4).

1.6 Контактна зварка

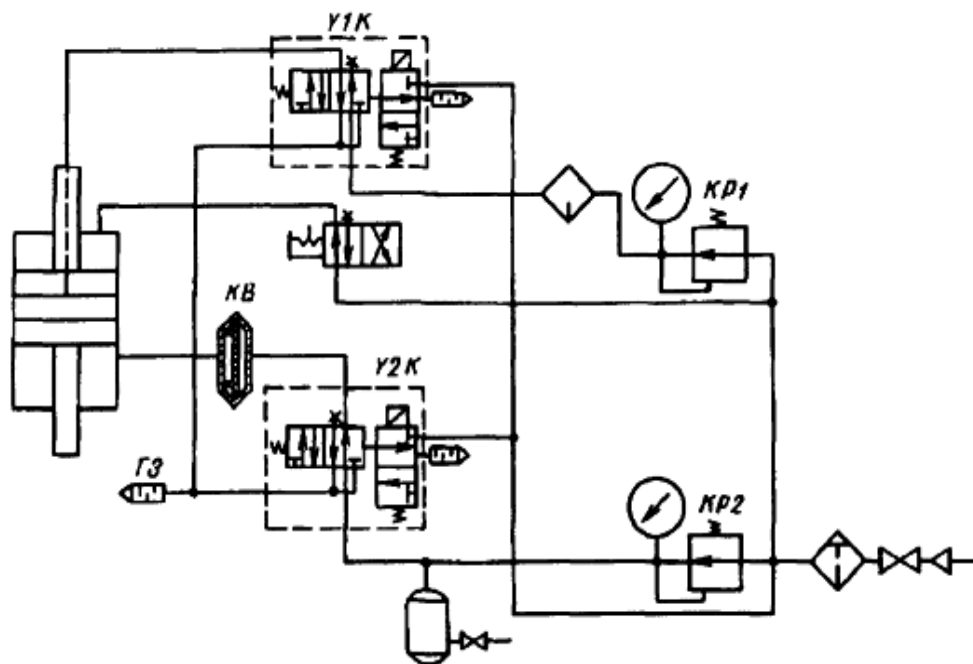


Рис.8. Пневматична схема машини контактної зварки [14]

Вміщує в себе: пневмоциліндр, 2 редукційні клапани, 2 манометри, маслорозпилювач, вологовідділювач, розподільник 4/2 з ручним керуванням та 2 моностабільні розподільники 5/2 з електрокеруванням.

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

1.7 ПРК.0852

ПРК.0852 – автоматична лінія розливу та закупорювання тари. Створена з пріоритетом на пневматику та умовно складається з 10 шаф, кожна з яких має свої функції та параметри.

Блок підготовки повітря – забезпечення лінії робочим тілом; Електрошафа – реагування на зміни параметрів в лінії; Механізм переміщення тари – переміщення продукту; Пневмошафа – реагування на зміни параметрів у лінії; Пульт керування – керування параметрами лінії; Система розливу - система наливу у тару; Мікродозатор – регулювання кількості наливання рідини у тару; Привід регулювання висоти станції – керування висотою механізму переміщення тари; Механізм закупорювання і маркування; Механізм укладки кришок (рис.10).

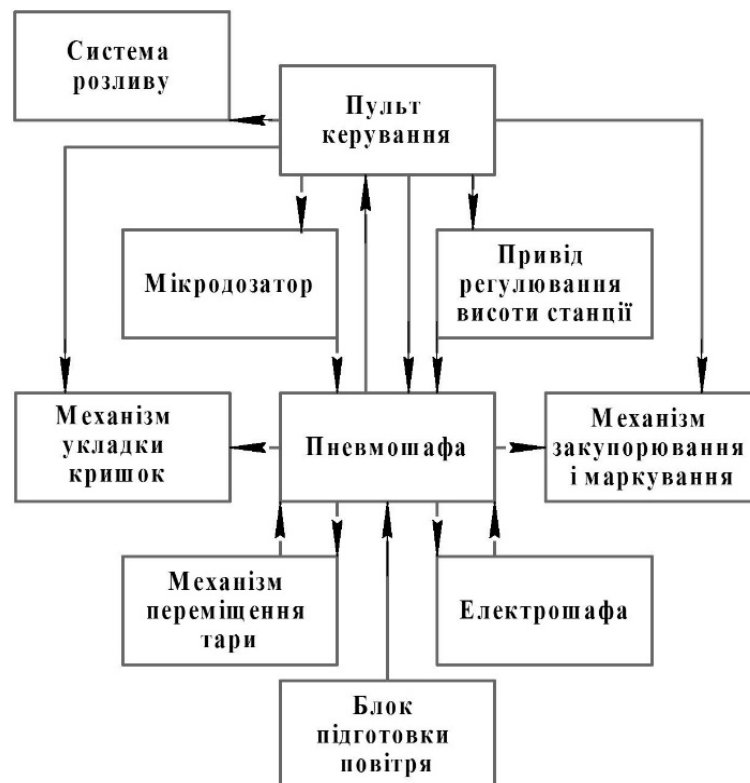


Рис.9. Блок схема автоматичної лінії ПРК.0852

					МА42в.001.000.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ПРК.0852 використовує пневматичні системи управління, які є одними з найбільш ефективних способів автоматизації та механізації виробничих процесів. Привілеї ПСК особливо виявляються в механізації та автоматизації наступних найбільш масових операцій: затискання деталей, їх фіксації, кантування, складання, контролю лінійних розмірів, переміщення, пакування та інших, що дозволяють виключити або звести до мінімуму участь людини в важких та монотонних роботах, при чому продуктивність праці на цих операціях зростає у 1,5–4 рази.

Широкому впровадженню ПСК в машинобудуванні сприяють їх позитивні якості: відносна простота конструкції та експлуатаційного обслуговування, а отже, низька вартість та швидка окупність витрат; надійність роботи в широких межах температури, високої вологості та забрудненості оточуючого середовища; пожежо- та вибухобезпечність; великий строк служби, який досягає 10000–20000 год. (10–50 млн. циклів); висока швидкість переміщення вихідної ланки пневматичних виконавчих пристроїв (лінійної до 15 м/с, обертової до 100000 об/хв); легкість отримання та відносна простота передачі енергоносія (стиснуте повітря), можливість постачання ним великої кількості споживачів від одного джерела; відсутність потреби в захисних пристроях при перенавантаженні (пневмодвигуни можуть бути загальмовані до повної зупинки без небезпеки пошкодження та можуть залишатися під навантаженням практично без споживання енергії).[6] Через ці якості ПСК використовуються в ПРК.0852.

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ НАКОПИЧЕННЯ ПНЕВМАТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

2.1 Модернізація ПРК.0852

Оскільки ПРК.0852, майже вся зроблена з пневматики, то і потреба у робочому тілі висока, а отже збереження частини енергії є доцільною.

Підвищення енергоефективності системи може бути реалізовано багатьма різними способами, для вирішення цієї проблеми було запропоновано повторне використання пневматичної енергії, тобто підготовленого стиснутого повітря. На разі повторне використання робочого повітря, у пневматичних системах не використовувалося, якщо це не було у початковій цілі системи.

При збереженні навіть не значної долі підготовленого стиснутого повітря, ціни будуть відповідно менші, оскільки формування ціни на товар, враховує і витрати на виробництво. Також при збереженні пневматичного ресурсу, буде зменшена експлуатація компресора, за рахунок експлуатації на додані елементи.

Мета та задачі

Мета – проаналізувати найдоцільніше місце для модернізації системи на можливість більшої енергоефективності, забезпечити більшу енергоефективність пневматичної лінії ПРК.0852, за рахунок її модернізації.

Задачі:

- Розглянути проблему в цілому та шляхи її вирішення;
- Розглянути пневматичну лінію ПРК.0852
- Узгодити варіант вирішення;
- Провести розрахунки;
- Зробити висновок з отриманих даних.

					МА42в.001.000.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Реалізація збереження частини пневматичного ресурсу є вмонтовування до циліндру, з отворами подачі тиску через задню кришку, розподільника 5/2 та клапану тиску, а також додаванню до лінії виходу повітря ресиверу, для накопичення збереженого повітря.

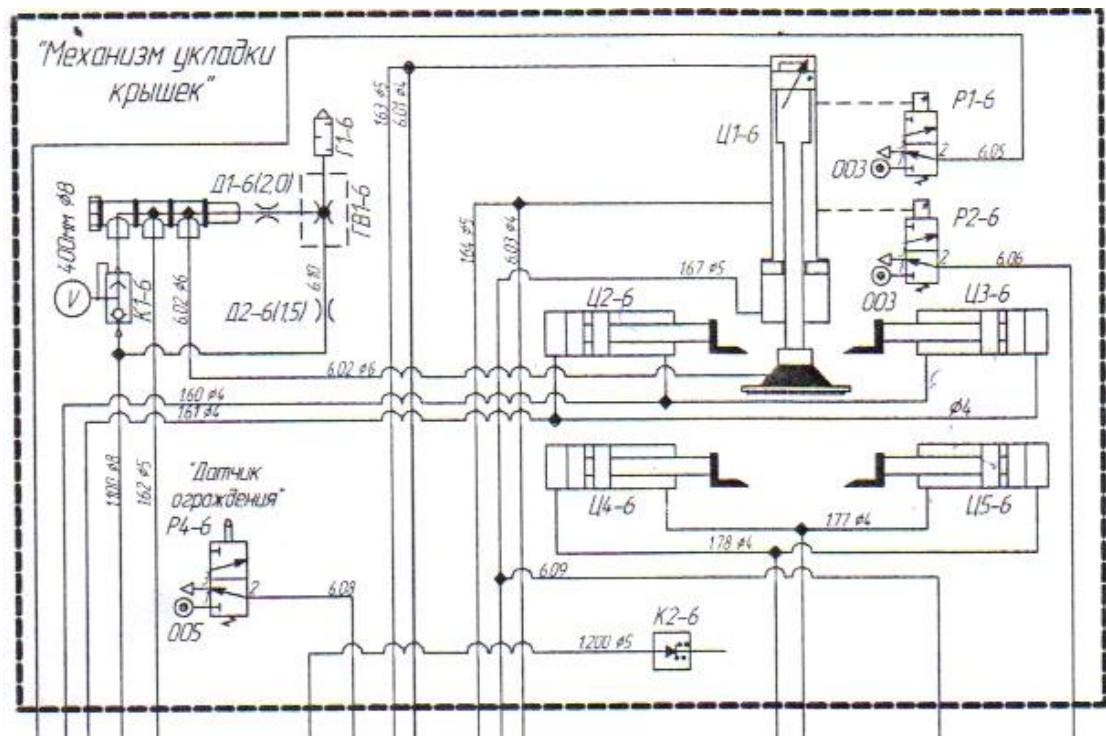


Рис.10. Схема шафи механізму укладки кришок

Було вирішено проводити модернізацію шафи механізму укладки кришок, що включає в себе: 5 пневмоциліндрів, 3 розподільники, 3 дроселі, 2 логічних елементів та ежектор.

Система працює наступним чином: після потрапляння тари, до механізму укладки, тара фіксується циліндрами Ц2-6, Ц3-6, Ц4-6, Ц5-6, далі укладання кришки виконує циліндр Ц1-6, на якому встановлена вакуумна присоска для тримання кришки. Роботу системи можливо представити циклограмою (рис. 11).

					МА42в.001.000.000 ПЗ	Арк. 23
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

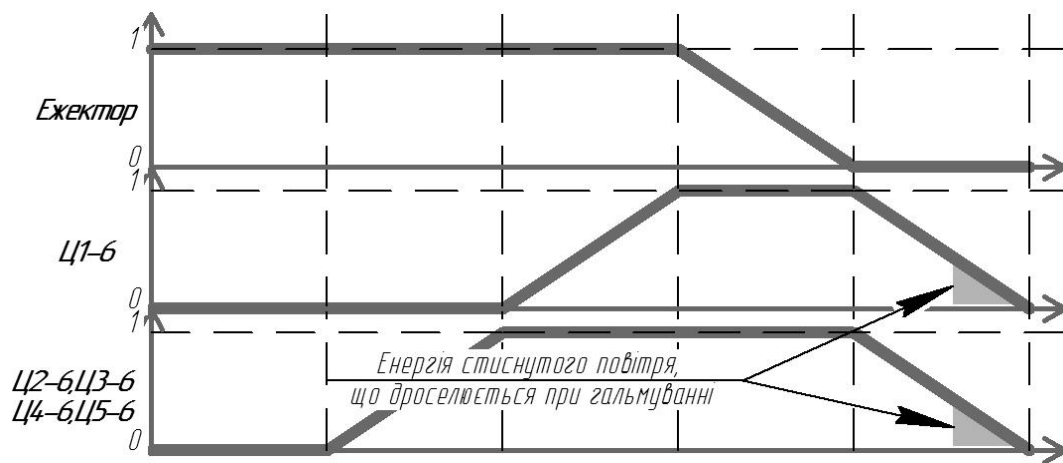


Рис.11. Циклограма роботи шафи

З циклограми видно, що енергія стиснутого повітря, що дроселюється при гальмуванні, можливо накопичити, за допомогою додавання системи рекуперації стиснутого повітря, з подальшою можливістю подачі стиснутого повітря для повторного застосування, наприклад при зворотному ході пневмоциліндрів.

При роботі пневматичних циліндрів в системі, для підвищення їх ресурсу застосовується гальмування, шляхом дроселювання, в кінці робочого ходу. Так, як дроселювання стиснутого повітря значно знижує ККД системи, можливо замінити його на ресивер, а циліндри модернізувати.

2.2 Розрахунки циліндру

Данні

$P_m,$ МПа	$s,$ м	$m_1,$ кг	$P_2,$ кН	$m_2,$ кг	$P_0,$ кН	$\frac{V_0}{F \cdot s},$ —	$l_{T1},$ м	$l_{T2},$ м	$X_{cm},$ м	$t_{oc},$ с
0,7	0,8	20	—	380	—	0,01	8	1,0	—	5

де:

- P_m – абсолютний тиск повітря;
- s – довжина робочого ходу привода;

- m_1 – маса рухомих частин приводу (крім вантажу);
- P_2 – технологічне зусилля (корисне навантаження);
- m_2 – маса вантажу, що переміщується;
- P_0 – зусилля попереднього підтиску зворотної пружини;
- $\frac{V_0}{F \cdot s}$ – відносна величина шкідливого об'єму робочої порожнини без врахування об'єму пневмолінії, що зв'язує порожнину з пневморозподільником;
- l_{T1} – довжина трубопроводу від пневморозподільника до точки підводу живлення з магістралі стиснутого повітря;
- l_{T2} – довжина трубопроводу від пневморозподільника основного приводу до його робочої порожнини;
- X_{cm} – статична характеристика мембрани;
- t_{oc} – очікуваний час спрацювання основного приводу.

2.3 Статичний Розрахунок Основного Приводу

В даній схемі основним приводом є пневматичний поршневий підіймач, який є пневмоциліндром односторонньої дії з вертикальним розташуванням, у якого повернення поршня в початкове положення виконується під дією ваги рухомих частин, а робочий хід – під дією тиску стиснутого повітря, що підводиться в робочу порожнину. Технологічне навантаження прикладене по всій довжині ходу, тому діаметр циліндра знаходимо по розрахунковій величині безрозмірного параметра навантаження X_p при непрямому врахуванні сили тертя за допомогою коефіцієнту κ_t , [6]:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{P_2 + mg}{p_m \cdot X_p (1 - \kappa_t)}} = 1,13 \sqrt{\frac{3727,8 + 20 \cdot 9,81}{0,7 \cdot 10^6 \cdot 0,5 (1 - 0,12)}} = 12,74 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 127,4 \text{ мм}$$

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення X_p вибираємо в залежності від рівня тиску повітря, що підводиться. При $p_m=0,7$ МПа безрозмірний параметр навантаження матиме значення $X_p=0,45 \dots 0,8$. Приймаємо $X_p=0,5$.

Коефіцієнт k_t для пневмоциліндрів з манжетними ущільненнями поршню вибираємо в залежності від технологічного зусилля. При $P_2=mg=380 \cdot 9,81=3727,8$ Н, коефіцієнт k_t дорівнюватиме 0,12.

Знайдене значення величини D округлюємо до ближнього значення з нормованого ряду діаметрів по ГОСТ 6540-63 (в мм): $D=125$ мм.

Діаметр штока знаходимо зі співвідношення[6]:

$$d = (0,25 \dots 0,32)D = 0,30 \cdot 125 = 37,5 \text{ (мм)}$$

Отримане значення округлюємо до найближчого значення ряду (в мм). Приймаємо $d=32$ мм.

Умовний прохід приєднувальних отворів пневмоциліндру вибираємо згідно рекомендаціям зі співвідношення $d_y \approx 0,1D$. Однак, при виборі величини d_y необхідно також враховувати довжину руху поршня та необхідну швидкодію приводу[6]:

$$d_y \approx 0,1D = 0,1 \cdot 125 = 12,5 \text{ (мм)}; d_y \cong D \sqrt{\frac{S}{W_{\text{сер}} \cdot t_{\text{оч}}}} = 0,125 \sqrt{\frac{0,8}{17 \cdot 5}} \\ = 9,70 \cdot 10^{-3} \text{ (м)} = 9,70 \text{ (мм)}.$$

де $W_{\text{сер}}=17$ м/с - середня швидкість потоку стиснутого повітря в підвідній лінії при наповненні робочої порожнини пневмоциліндру.

2.4 Динамічний Розрахунок Основного Приводу

При динамічному розрахунку визначаємо час спрацювання приводу, під котрим розуміють час t руху поршня в одному напрямку. Цей час складається з трьох складових: t_I – час підготовчого періоду – з початку переключення керуючого пристрою до початку руху поршня; t_{II} – час руху

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

поршня, протягом якого поршень пройде весь заданий робочий шлях; t_{III} – час кінцевого періоду, впродовж якого тиск в робочій порожнині збільшується до значення, що потребується.

В залежності від функціонального призначення приводу ті або інші інтервали часу являються найбільш суттєвими. У транспортуючих пневмоприводах найбільш суттєвим є час руху поршня, а заключний період не розглядається.

На рис.12 показана розрахункова схема пневмоприводу, основним елементом котрого є пневмоциліндр односторонньої дії.

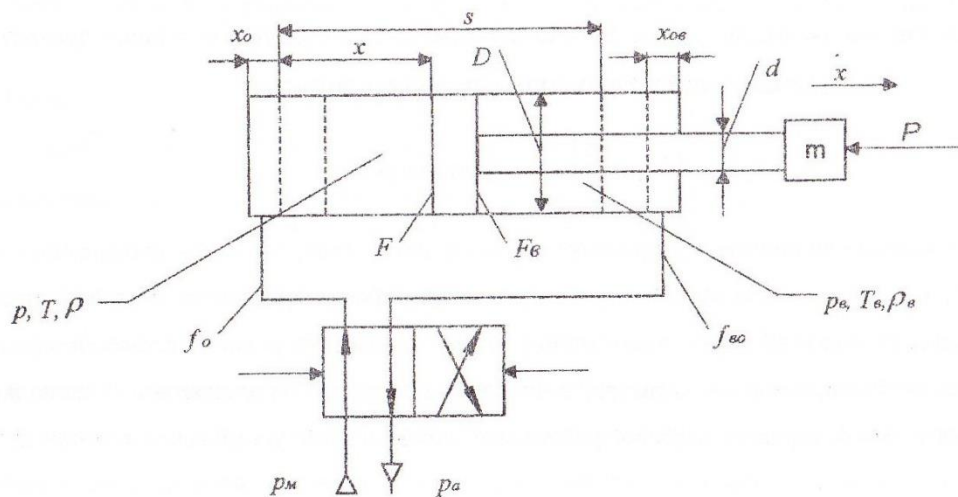


Рис. 12. Розрахункова схема пневмоприводу.[6]

Положення поршня визначається його поточною координатою X , що відраховується від умовного нуля X_0 . В вихідному положенні поршня теоретично $X_0=0$, але із-за наявності шкідливого об'єму $X_0=X_f$, що мінімальний розрахунковий об'єм робочої порожнини циліндра, який повинен бути наповнений стиснутим до деякого тиску повітрям, перш ніж поршень почне рухатись:[6]

$$X_0 = \frac{V_{p \min}}{F} = \frac{V_0 + V_{pm}}{F},$$

Де $V_{p \min}$ - мінімальний розрахунковий об'єм робочої порожнини;

F – площа поршня з боку робочої порожнини[6]:

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,125^2}{4} = 1,226 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^2\text{)}$$

V_0 - шкідливий об'єм циліндру[6]:

$$\frac{V_0}{F \cdot s} = 0,01 \text{ звідки}$$

$$V_0 = 0,01 \cdot F \cdot s = 0,01 \cdot 1,226 \cdot 10^{-3} \cdot 0,8 = 0,980 \cdot 10^{-7} \text{ (м}^3\text{)}$$

де s – робочий хід привода.

V_{pm} - розрахунковий (приведений) об'єм трубопроводу.

Пізніше знайдемо, що $V_{p.m.} = 7,28 \cdot 10^{-5} \text{ (м}^3\text{)}$.

$$X_0 = \frac{0,980 \cdot 10^{-7} + 7,28 \cdot 10^{-5}}{1,266 \cdot 10^{-3}} = 0,065 \text{ (м)} = 65 \text{ (мм)}.$$

2.5 Знаходження пропускної здатності пневмоліній

Знаходження пропускної здатності напірної пневмолінії

Так як пневмолінія нашої схеми складається з двох частин трубопроводу, що зв'язують між собою елементи пневмоапаратури, на яких будемо визначати пропускну здатність напірної пневмолінії, то ефективна площа перерізу являє собою приведену величину.

При послідовному з'єднанні елементів та ділянок напірної пневмолінії маємо[6]:

$$\frac{1}{f_e^2} = \frac{1}{f_{e_{K3}}^2} + \frac{1}{f_{e_{T1}}^2} + \frac{1}{f_{e_P}^2} + \frac{1}{f_{e_{T2}}^2}$$

Значення пропускної здатності: для розподільника P5 $K_v=3 \text{ л/хв}$ для зворотного пневмоклапана B51-12 $K_v=7 \text{ л/хв}$.

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{vp} = 3 \frac{\text{л}}{\text{хв}} = 3 \frac{0,001 \text{ м}^3}{\frac{1}{60} \text{ год}} = 3 \frac{60 \text{ м}^3}{1000 \text{ год}} = 0,18 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

$$K_{vкз} = 7 \frac{\text{л}}{\text{хв}} = 7 \frac{0,001 \text{ м}^3}{\frac{1}{60} \text{ год}} = 7 \frac{60 \text{ м}^3}{1000 \text{ год}} = 0,42 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Знайдемо ефективну площу розподільника та зворотного пневмоклапана за формулою[7]:

$$f_e = \frac{K_v}{5 \cdot 10^4}$$

$$f_{ep} = \frac{K_{vp}}{5 \cdot 10^4} = \frac{0,18}{5 \cdot 10^4} = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2,$$

$$f_{екз} = \frac{K_{vкз}}{5 \cdot 10^4} = \frac{0,42}{5 \cdot 10^4} = 8,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2,$$

Знайдемо f_{eT1} , для цього знайдемо коефіцієнт сумарних витрат ζ_1 за формулою[7]:

$$\zeta_1 = \frac{\lambda}{2} \cdot \frac{l_{T1}}{d} = \frac{0,03}{2} \cdot \frac{8}{0,008} = 15$$

де $\lambda = 0.03$ – коефіцієнт тертя для повітря,

$d=0,008$ м – діаметр трубопроводу,

$l_{T1} = 8$ м – довжина першої ділянки трубопроводу.

За величиною ζ_1 , використовуючи графік $\mu = f(\zeta)$ (рис. 13), знаходимо величину $\mu_1=0,31$.

Потім розраховуємо ефективну площу[7]:

$$f_{eT1} = \mu_1 \cdot f_{T1},$$

де f_{T1} – площа перетину трубопроводу[7]:

$$f_{T1} = \frac{\pi \cdot d_T^2}{4}.$$

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

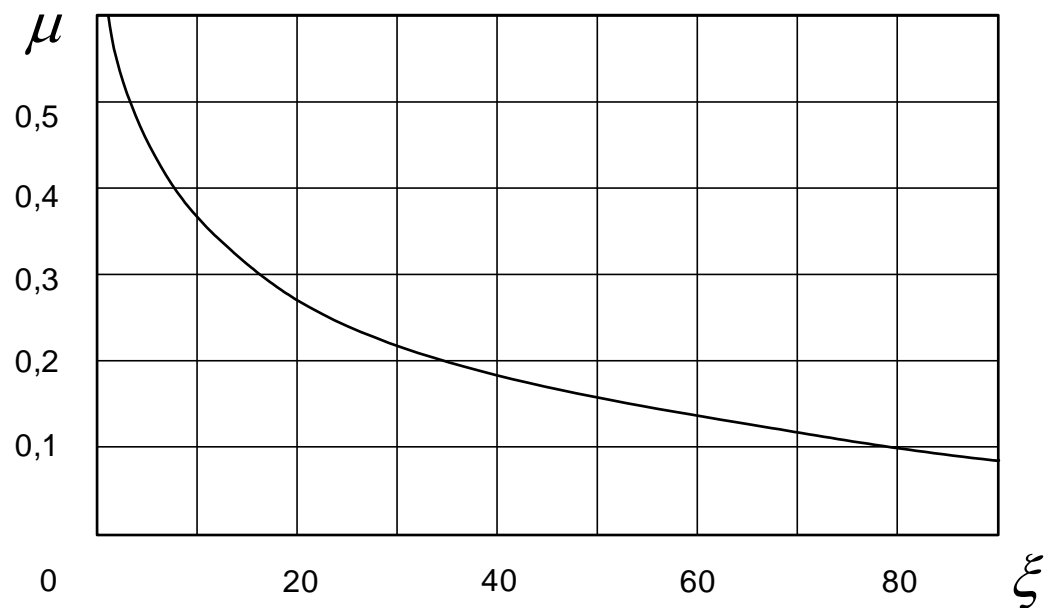


Рис. 13. Графік залежності $\mu=f(\zeta)$. [7]

Підставимо значення:

$$f_{e_{T1}} = 0,31 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,008^2}{4} = 1,557 \cdot 10^{-5} (\text{м}^2)$$

Так само і для другої ділянки трубопроводу.

Коефіцієнт сумарних витрат ζ_2 [7]:

$$\zeta_2 = \frac{\lambda}{2} \cdot \frac{l_{T2}}{d} = \frac{0,03}{2} \cdot \frac{1,0}{0,008} = 1,875$$

де $\lambda = 0.03$ – коефіцієнт тертя для повітря,

$d=0,008$ м – діаметр трубопроводу,

$l_{T2} = 1,0$ м – довжина першої ділянки трубопроводу.

За величиною ζ_2 , використовуючи графік $\mu = f(\zeta)$ (рис. 13), знаходимо величину $\mu_2=0,46$.

Потім розраховуємо ефективну площу[7]:

$$f_{e_{T2}} = \mu_2 \cdot f_{T2},$$

де f_{T2} – площа перетину трубопроводу[7]:

$$f_{T2} = \frac{\pi \cdot d_T^2}{4}.$$

Підставимо значення:

$$f_{eT2} = 0,46 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,008^2}{4} = 2,311 \cdot 10^{-5} (\text{м}^2)$$

Підставимо отримані значення в формулу (*), отримаємо:

$$\begin{aligned} \frac{1}{f_e^2} &= \frac{1}{(8,4 \cdot 10^{-6})^2} + \frac{1}{(1,557 \cdot 10^{-5})^2} + \frac{1}{(3,6 \cdot 10^{-6})^2} + \frac{1}{(2,311 \cdot 10^{-5})^2} \\ &= 9,733 \cdot 10^{10} \\ f_e &= \frac{1}{\sqrt{9,733 \cdot 10^{10}}} = 4,68 \cdot 10^{-6} (\text{м}^2). \end{aligned}$$

2.6 Врахування об'ємів трубопроводів при динамічному розрахунку

Врахування об'ємів трубопроводів при динамічному розрахунку напірної пневмолінії

Розроблено метод врахування розподіленого об'єму трубопроводу шляхом його приведення до зосередженого об'єму. Розрахунковий (приведений) об'єм визначається з виразу[7]:

$$V_{p.m.} = k_v \cdot V_T,$$

де V_T – фактичний об'єм трубопроводу; [7]

$$V_T = \frac{\pi \cdot d_T^2}{4} \cdot l_{T2},$$

k_v – коефіцієнт приведення розподіленого об'єму до зосередженого.

Коефіцієнт k_v знаходиться за формулою[7]:

$$k_v = \frac{f_e}{f'_e},$$

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

де f_e – ефективна площа перерізу пневмолінії;

f'_e – ефективна площа перерізу тієї ж пневмолінії, але знайдена з урахуванням половини гідравлічного опору ділянки трубопроводу, для якого визначається розрахунковий об'єм.

Знайдемо ефективну площу на ділянці l_{T2} , із якої визначимо розрахунковий об'єм[7]:

$$f'_{e_{T2}} = \mu_2 \cdot f'_{T2}.$$

Знайдемо для половини ділянки l_{T2} значення ζ'_2 :

$$\zeta'_2 = \frac{\lambda}{2} \cdot \frac{\frac{1}{2} l_{T2}}{d} = \frac{0,03}{2} \cdot \frac{\frac{1}{2} \cdot 1,0}{0,008} = 0,9375$$

Оскільки коефіцієнт ζ'_2 досить невеликий, використовуємо залежність[7]:

$$\begin{aligned} \mu_2 &= \sqrt{\frac{1 + \sigma}{1 + \sigma + 4\sigma(\zeta'_2 - \ln\sigma)}} = \sqrt{\frac{1 + 0,167}{1 + 0,167 + 4 \cdot 0,167(1,406 - \ln 0,167)}} \\ &= 0,595 \end{aligned}$$

$$f'_{e_{T2}} = 0,595 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,008^2}{4} = 2,98 \cdot 10^{-5} (\text{м}^2)$$

Щоб знайти f'_e скористаємось формулою[7]:

$$\begin{aligned} \frac{1}{f_e'^2} &= \frac{1}{f_{e_{K3}}^2} + \frac{1}{f_{e_{T1}}^2} + \frac{1}{f_{e_P}^2} + \frac{1}{f_{e_{T2}}^2}. \\ \frac{1}{f_e'^2} &= \frac{1}{(8,4 \cdot 10^{-6})^2} + \frac{1}{(1,557 \cdot 10^{-5})^2} + \frac{1}{(3,6 \cdot 10^{-6})^2} + \frac{1}{(2,98 \cdot 10^{-5})^2} \\ &= 9,65 \cdot 10^{10} \\ f'_e &= \frac{1}{\sqrt{9,65 \cdot 10^{10}}} = 3,21 \cdot 10^{-6} (\text{м}^2). \end{aligned}$$

Далі знаходимо:

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$k_v = \frac{4,68 \cdot 10^{-6}}{3,21 \cdot 10^{-6}} = 1,45.$$

Далі підставимо k_v і знайдемо $V_{p.m.}$:

$$V_{p.m.} = 1,45 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,008^2}{4} \cdot 1 = 7,28 \cdot 10^{-5} \text{ (м}^3\text{)}.$$

2.7 Визначення часу підготовчого періоду

Час t_n підготовчого періоду знаходиться по формулі[6]:

$$t_n = t_1 + t_2 + t_3,$$

де t_1 – час переключення розподільника (приводиться в технічній характеристиці) $t_1 = 0.1c$;

t_2 – час розповсюдження тиску в трубопроводах, що пов'язує порожнини пневмоциліндра і розподільника, визначається згідно формули[6]:

$$t_2 = \frac{l_{T2}}{a},$$

де l_{T2} – довжина трубопроводу;

a – швидкість звуку в повітрі, що визначається як функція абсолютної температури повітря $a = 20\sqrt{T}$, котру можна прийняти рівною середній температурі навколишнього середовища $T = 290...293^\circ\text{K}$;

t_3 – час зміни тисків у порожнинах пневмоциліндра на момент початку руху поршня з місця.

Підставимо значення і отримаємо:

$$t_2 = \frac{l_{T2}}{a} = \frac{l_{T2}}{20 \cdot \sqrt{T}} = \frac{1,0}{20 \cdot \sqrt{290}} = 0,0029 \text{ (с)}.$$

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Для визначення складової t_3 часу підготовчого періоду необхідно розрахувати час наповнення робочої порожнини від атмосферного тиску до тиску руху, при якому поршень починає рухатись з місця (розрахунок часу спорожнення порожнини вихлопу від магістрального тиску до тиску руху непотрібно, адже пневмоциліндр односторонньої дії). Час наповнення робочої порожнини визначається із виразу[6]:

$$t_{\text{нап}} = 3.62 \cdot 10^{-3} \frac{V_{p \min}}{f_e} \left[\psi_1(\sigma_p) - \psi_1(\sigma_a) \right],$$

де $V_{p \min}$ – мінімальний розрахунковий об'єм робочої порожнини;

$$V_{p \min} = X_0 \cdot F = 0,065 \cdot 1,226 \cdot 10^{-3} = 7,969 \cdot 10^{-5} \text{ (м}^3\text{)};$$

f_e – ефективна площа прохідного перерізу лінії підводу;

$m\sigma = p / p_m$ – безрозмірний тиск в робочій порожнині пневмоциліндру, що є відношення поточного тиску в цій порожнині до тиску, що підводиться від живлення;

$\sigma_a = p_a / p_m$ - безрозмірний тиск, що відповідає початку наповнення;

$$\sigma_a = \frac{p_a}{p_m} = \frac{0,1}{0,7} = 0,167;$$

$\sigma_p = p_p / p_m$ – безрозмірний тиск в кінці підготовчого періоду в момент початку руху поршня з місця;

$\psi_1(\sigma_p), \psi_1(\sigma_a)$ – функції тиску, що визначаються згідно графіку на рис.14

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

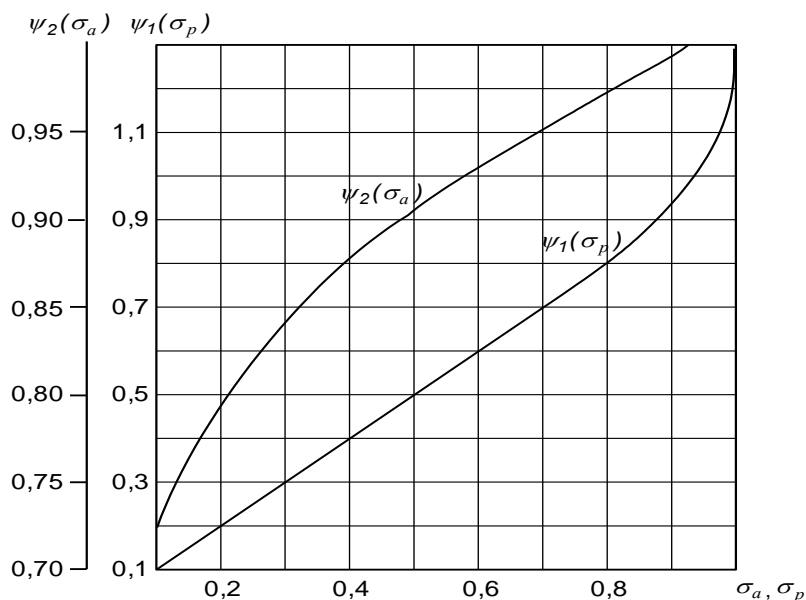


Рис. 14. Графік функції тиску

Необхідні для розрахунку тиски руху визначаються з рівняння рівноваги сил, діючих на поршень на початку руху[6]:

$$p_{\epsilon} \cdot F - p_{\epsilon p} \cdot F_{\epsilon} - P = 0.$$

В рівняння входить сила опору руху[6]:

$$P = P_1 + P_2 \pm mg + P_0,$$

яка включає в себе силу тертя P_1 , корисне навантаження P_2 , масову силу mg , що не враховується при горизонтальному розташуванні циліндра.

Значення P_1 знайдемо із формули[6]:

$$P_1 = k_T \cdot (m_1 + m_2) \cdot g,$$

де k_T – коефіцієнт тертя, $k_T = 0.15$;

m_1 – маса рухомих частин привода (крім вантажу, що переміщається),

$$m_1 = 12 \text{ кг};$$

m_2 – маса вантажу, що переміщається, $m_2 = 150 \text{ кг}$.

Підставимо значення і отримаємо:

$$P_1 = 0,15 \cdot (20 + 380) \cdot 9,81 = 588.6 \text{ (H)}.$$

Знайдемо P , підставивши всі значення:

$$P = 588.6 + (20 + 380) \cdot 9,81 = 4512,603 \text{ (H)}.$$

Знаходимо σ_p на початку руху ($\chi = -$)[6]:

$$\sigma_p = \sigma_a + \chi = 0,167.$$

Знаходимо значення функцій $\psi_1(\sigma_a = 0,167) = 0,775$; $\psi_1(\sigma_p = 0,167) = 0,18$; за графіком на рис. 4.

Визначаємо $t_{\text{нап}}$:

$$t_{\text{нап}} = 3,62 \cdot 10^{-3} \frac{7,28 \cdot 10^{-5}}{4,68 \cdot 10^{-6}} (0,775 - 0,18) = 0,033 \text{ (с)}.$$

Підставимо значення і знайдемо час t_n підготовчого періоду:

$$t_{\Pi} = t_1 + t_2 + t_3 = 0,1 + 0,0029 + 0,033 = 0,1362 \text{ (с)}.$$

2.8 Визначення часу руху

Рух поршня пневмоциліндру двосторонньої дії описується системою диференціальних рівнянь, в яку входять рівняння руху поршня як твердого тіла і два рівняння енергетичного балансу, що характеризують зміну тисків в кожній з порожнин пневмоциліндру. Система диференціальних рівнянь, що описує рух поршня підіймача при робочому русі, з урахуванням відсутності впливу вихлопу ($\alpha=1$, $\sigma_B=1=\text{const}$) [6]:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{\xi} &= \frac{1}{N^2} (\sigma - \sigma_a - \chi) \\ \frac{d\sigma}{dt} &= \frac{k}{\xi_a + \xi} [\varphi(\sigma) - \sigma \cdot \dot{\xi}] \end{aligned} \right\}$$

$$\text{Тут } \chi = \frac{P}{p_M \cdot F} = \frac{P_1 + P_2 + mg}{p_M \cdot F} = \frac{588.6 + 3727,8 + (20 + 380) \cdot 9,81}{0,7 \cdot 10^6 \cdot 1,226 \cdot 10^{-3}} = 0,96.$$

Початковими параметрами інтегрування системи є:

$$\xi_{\Pi} = 0; \dot{\xi} = 0; \ddot{\xi} = 0; \sigma_{\Pi} = \sigma_p.$$

Визначимо конструктивний (узагальнюючий) параметр[6]:

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = 352 \frac{f_e}{D^3} \sqrt{\frac{mg}{p_m \cdot s}} = 352 \frac{4,68 \cdot 10^{-6}}{0,080^3} \sqrt{\frac{400 \cdot 9,81}{0,7 \cdot 10^6 \cdot 0,8}} = 0,2685.$$

Так як $N = 0,70 > 0,2$, рух буде близький до рівноприскореного. При цьому тиск в робочій порожнині під час всього часу руху залишається постійним і рівним $p_m(\sigma = 1)$ і друге рівняння системи втрачає сенс. Після двократного інтегрування рівняння знаходимо безрозмірний час руху[6]:

$$\tau_s = N \sqrt{\frac{2}{1 - \sigma_a - \chi}} = 0,2685 \cdot \sqrt{\frac{2}{1 - 0,167 - 0,96}} = 1,095 \quad / \xi = 1/,$$

Тоді дійсний час руху, с:

$$t_d = 1,03 \cdot 10^{-3} \frac{s D^2}{f_e} \tau_s = 1,03 \cdot 10^{-3} \frac{0,8 \cdot 0,080^2}{4,68 \cdot 10^{-6}} \cdot 1,095 = 1,23.$$

2.9 Визначення часу заключного періоду

Час заключного періоду визначається тривалістю тисків в порожнинах пневмоциліндру після зупинки поршня наприкінці руху, тобто тривалістю процесів наповнення і спорожнення робочої і вихлопної порожнин, в яких повинні встановитися стабільні тиски – магістральний в робочій і атмосферний в порожнині вихлопу. Робоча порожнина з розрахунковим об'ємом, м³:

$$V_p = V_{p \min} + F \cdot s = 7,28 \cdot 10^{-5} + 3727,8 \cdot 0,8 = 2982,24$$

наповнюється від тиску p_k в момент зупинки поршня наприкінці руху до

тиску p_m . Їм відповідають безрозмірні значення $\sigma_k = \frac{p_k}{p_m}$ і $\sigma = \frac{p_m}{p_m} = 1$.

Визначаємо час заключного періоду за формулою[6]:

$$t_{\text{зак}} = 1,03 \cdot 10^{-3} \frac{V_p}{f_e} \left[\psi_1(\sigma_k) - \psi_1(\sigma_{p.k.}) \right],$$

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

де $\sigma_k = 1$;

$\sigma_{p.k.} = 0,167$.

Знаходимо значення функції за графіком на рис. 14: $\psi_1(\sigma_k = 1) = 1,22$
 $\psi_1(\sigma_p = 0,167) = 0,18$;

$$t_{зак} = 1,03 \cdot 10^{-3} \frac{2,98 \cdot 10^{-6}}{4,68 \cdot 10^{-6}} (1,22 - 0,18) = 0,068.$$

2.10 Визначення часу прямого ходу

$$t_c = t_n + t_d + t_{зак}.$$

Підставимо знайдені значення у формулу і одержимо:

$$t_c = 0,1362 + 1,23 + 0,068 = 1,4342 \text{ (с)}.$$

Пневмопривід має запас за часом спрацювання:

$$\Delta t = t_{оч} - t_c = 5 - 1,4342 = 3,5658 \text{ (с)}.$$

2.11 Діаграма роботи пневмоциліндра двосторонньої дії

На цій діаграмі (рис. 15) представлені три взаємопов'язані графіки:
переміщення поршня $x = f(t)$, зміна тиску в робочій порожнині
пневмоциліндра односторонньої дії $p = f(t)$.

У вихідному положенні поршня штокова та поршневі порожнини
пневмоциліндра з'єднані з атмосферою. Початком роботи вважається момент
подачі керуючого сигналу на переключення пневморозподільника, при якому
поршень виконує прямий хід (час прямого ходу t_c). Після можливого
відстою (технологічний час $t_{техн}$) починається зворотній рух поршня (час t_{zx}).

Час повного робочого циклу $t_{ц} = t_{nx} + t_{техн} + t_{zx}$

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

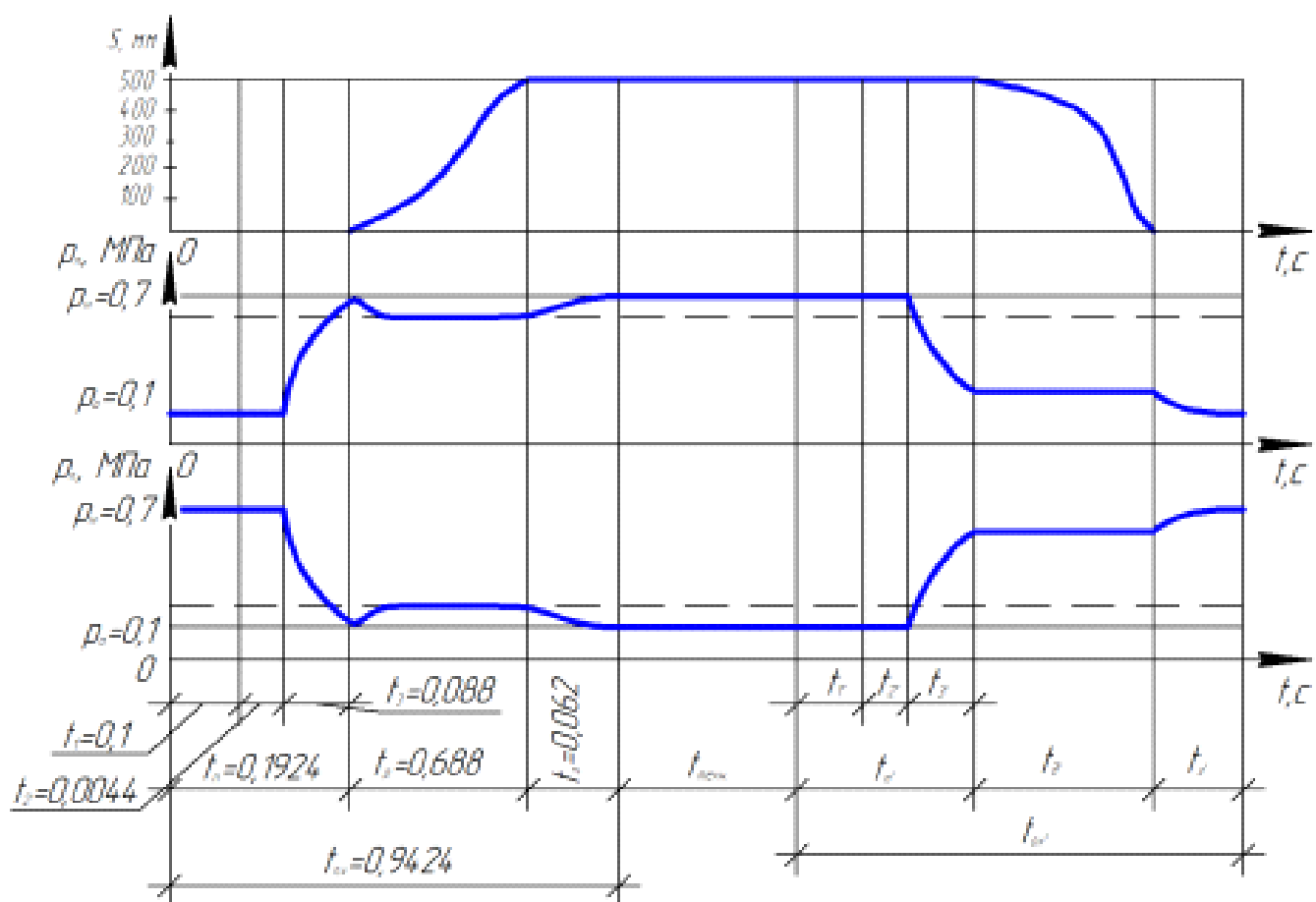


Рис.15. Діаграма роботи привоу двосторонньої дії[6].

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

На сьогоднішній день велика увага приділяється інтенсифікації та підвищенню ефективності виробництва на базі упровадження досягнень науково-технічного прогресу. Провідна роль у вирішенні даної проблеми відводиться машинобудуванню. Перед цією галуззю поставлені завдання підвищення якості продукції та продуктивності праці, зниження питомої металоємкості машин та обладнання. Саме тому технологічний процес виготовлення деталі має бути таким, щоб з найменшими витратами ресурсів забезпечити встановлений конструктором рівень якості.

Технологічний процес механічної обробки будь-якої заготовки може бути поділений на декілька етапів.

Під етапом технологічного процесу розуміють сукупність способів обробки, які дозволяють досягти приблизно однакову економічну точність і якість поверхні.

У загальному випадку ці етапи мають таку загальновідому характеристику, як чорновий, напівчистовий, чистовий та оздоблювальний.

3.1 Технологічний контроль якості кресленика

При проектуванні технологічного процесу виготовлення деталі вихідним документом є її креслення. Технолог повинен проконтролювати робоче креслення деталі, у відповідності до ГОСТ 14.206-73. У креслення входять видимості, необхідні для якісного виготовлення деталі, які дають повне уявлення про її конструкцію, а також усі проекції, розрізи, перерізи, які пояснюють конфігурацію деталі.

Проаналізувавши креслення (рис.3.1) можна сказати, що на кресленні вказані всі розміри, необхідні для виготовлення деталі не вказана шорсткість

					МА42в.001.000.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

та шорсткість усіх поверхонь деталі позначена відповідно до ГОСТ 2789-73. Допуски та відхилення розмірів наведено відповідно до ГОСТ 25346-89 та ГОСТ 25347-82.

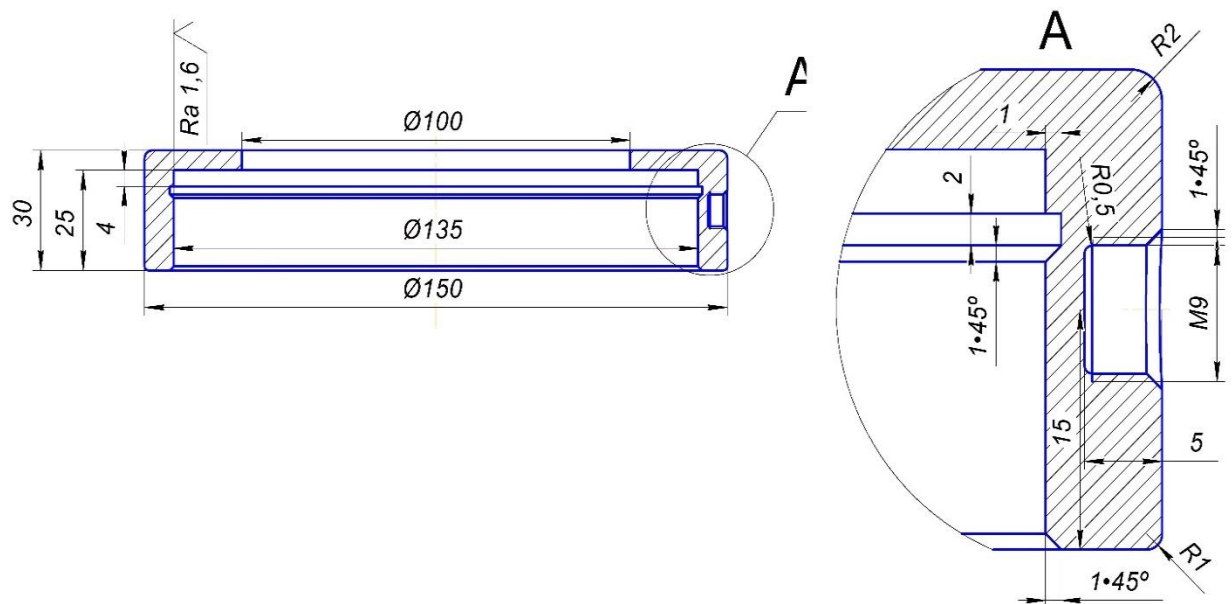


Рис.3.1 Кресленик деталі «Кришка задня»

3.2. Аналіз службового призначення деталі та умов її роботи у вузлі

Деталь «Кришка задня» є складовою пневматичного або гідравлічного циліндра, що виконує функцію утримування задньої втулки циліндра на своєму місці.

Цю деталь можна віднести до класу спеціальних деталей. Деталь «Кришка задня» має отвори Ø100 мм з шорсткістю $Ra=1,6$ мкм, Ø135 мм з шорсткістю $Ra=1,6$ мкм, боковим отвором М8 мм з метричною різьбою. Габаритні розміри деталі – Ø150.

Кришка виготовляється з матеріалу Сталь 10, що деформуються тиском. На хімічний склад сталей оброблюваних тиском поширюється ГОСТ 1050-88., фізико-механічні, хімічні та технологічні властивості якої приведено в табл. 3.1.

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3. Вибір способу виготовлення заготовки та його технічне обґрунтування

Розробку технологічного процесу виготовлення деталі починають з вибору заготовки. Вибрати заготовку – означає визначити спосіб її отримання, розрахувати або підібрати за таблицями припуски на механічну обробку усіх поверхонь і вказати допуски на виготовлення заготовки є. З економічної точки зору та враховуючи малосерійний тип виробництва, матеріал деталі та її конфігурації у якості заготовки приймаємо круглий катаний пруток $\varnothing 155^{+0,2}_{-0,8}$ ескіз якої наведено на рис. 3.2.

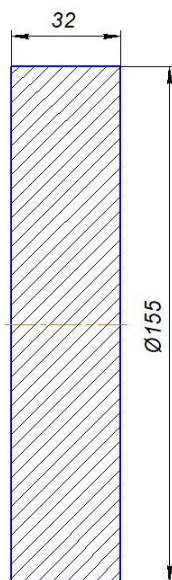


Рис. 3.2 Ескіз заготовки

Користуючись ГОСТ 7505-89 визначимо розміри заготовки, призначивши припуски та допуски на основні оброблювані поверхні.

Всі дані занесемо до табл. 3.1.

Таблиця 3.1.

Визначення припусків на сторону, допусків для розмірів

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

1.	Розмір поверхні деталі оброблюваної різанням, мм	Ø150	L=30
2.	Шорсткість обробленої поверхні, Ra мкм	Ra1,6	Ra1,6
3.	Основний припуск на сторону, мм	2.5	2
4.	Прийнятий розмір заготовки, м	Ø155	32
5.	Підсумковий розмір прутка, мм	$\text{Ø}150^{+0,2}_{-0,8}$	$30 \pm 0,3$

3.4. Проектування маршрутного технологічного процесу

3.4.1. Вибір типу обладнання, пристроїв та інструменту

Вибір типу обладнання, пристроїв та інструменту проводиться виходячи з типу виробництва. У даному випадку тип виробництва – одиничний. Одиничне виробництво характеризується застосуванням універсального обладнання (з розташуванням його в цехах за типами верстатів), універсальної оснастки, універсального робочого та вимірювального інструменту, які забезпечують виготовлення виробів порівняно широкої номенклатури.

Використання обладнання за часом має щільний характер: на одному верстаті виконуються декілька операцій і часто проводиться обробка деталей різних конструкцій і з різних матеріалів.

Пристосування для обробки деталей на верстатах мають універсальний характер, тобто можуть бути використані в різних випадках. Спеціальні пристосування не застосовують або застосовують рідко, тому значні витрати на їх виготовлення економічно не виправдовуються.

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідний при цьому виді виробництва ріжучий інструмент також повинен бути універсальним, тому що через розмаїття оброблюваних деталей застосування спеціального інструменту економічно не доцільно.

Таким чином, виходячи із зазначених вище рекомендацій, вибираємо обладнання: токарний верстат 16K20 та слюсарний стіл.

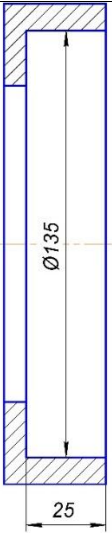
3.4.2. Вибір типового технологічного процесу

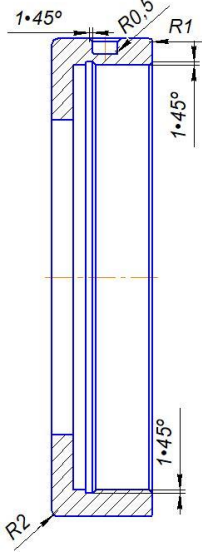
На рис. 3.3. зображено послідовність оброблення поверхонь деталі «Кришка задня», а в табл. 3.2 наведено послідовність їх оброблення. Проте, при розробці технологічних процесів необхідно враховувати, що похибки відхилення форми і, особливо, взаємного розташування оброблених поверхонь в основному визначаються точністю обладнання і пристроїв.

Таблиця 3.2

Технологічні послідовності оброблення поверхонь деталі "Кришка задня"
(Маршрут механічної обробки)

№ оп.	Назва операції	Робочий ескіз	Станок, обладнання	Оснастка
1	2	3	4	5
10	Заготівельна		Токарний верстат 16K20	

20	Свердлильна		Токарний верстат 16K20	3-х кулачковий патрон, свердильний патрон з конусним хвостовиком
25	Точіння		Токарний верстат 16K20	3-х кулачковий патрон
30	Точіння		Токарний верстат 16K20	3-х кулачковий патрон

35	Точіння		Токарний верстат 16K20	3-х кулачковий патрон
40	Свердлильна		Верстат свердлильний 2Н125	3-х кулачковий патрон, свердлильний патрон з конусним хвостовиком
45	Точіння		Токарний верстат 16K20	3-х кулачковий патрон

50	Слюсарна	(зачистити заусенці, притупити гострі канавки, нарізати різьбу)	Слюсарний стіл	
55	Промивка			

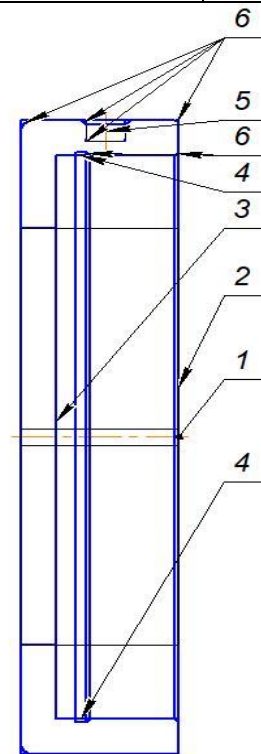


Рисунок 3.3 Послідовність оброблення поверхонь деталі «Кришка задня»

3.4.3 Розробка маршрутного технологічного процесу

Виробничим процесом називається сукупність всіх зайнятих людей і знарядь виробництва, пов'язаних з переробкою сировини і напівфабрикатів в заготовки, готові деталі, складальні одиниці і готові вироби на даному підприємстві.

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологічний процес – частина виробничого процесу, яка містить дії, по зміні і подальшому визначенню стану предмета виробництва.

Технологічний процес безпосередньо пов'язаний із зміною, розмірів, форм і властивостей оброблюваної деталі.

Таблиця 3.3

Технологічний процес

Технологічний процес	
10	Заготівельна
20	Свердлильна
25	Точіння
30	Точіння
35	Точіння
40	Свердлильна
45	Точіння
50	Слюсарна
55	Промивка

У розділі описані порядок і всі етапи розробки технологічного процесу виготовлення деталі «Кришка задня»: технологічний контроль якості кресленика, аналіз службового призначення деталі та умов її роботи у вузлі, вибір способу виготовлення заготовки та його технічне обґрунтування, призначення послідовності виконання операцій та проектування їх змісту, вибір устаткування та інструментів для кожної операції технологічного процесу та визначення елементів режимів різання.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		48

Аналіз шкідливих і небезпечних факторів при роботі.

Темою дипломної роботи є – «Модернізація автоматизованої пневматичної лінії ПРК.0852». У даній роботі досліджено характеристики демпферів, робота проводиться за персональним комп'ютером.

Основними небезпечними факторами є:

- пожежонебезпека;
- небезпека ураженням електричним струмом;
- освітлення;
- зорове навантаження;
- мікроклімат

4.1 Характеристика об'єкту

Розміри приміщення, в яких встановлений комп'ютер та інша оргтехніка: площа 12кв.м., а об'єм $V = S \cdot h = 12 \cdot 2,7 = 32,4 \text{ м}^3$. У цьому приміщенні передбачено відповідні параметри температури і чистоти повітря.

По санітарних нормах площа на одне робоче місце з ПК для дорослих користувачів повинна складати не менше 6.0 м^2 , а об'єм – не менше 20 м^3 . Отже, розміри приміщення повністю відповідають санітарним нормам.

Для облицювання стін, стель, підлоги приміщень, де розміщені ПК, слід використовувати матеріали, дозволені органами санітарно-епідеміологічного нагляду, а для внутрішньої обробки інтер'єру – матеріали, що дифузно-відбиваються, з такими коефіцієнтами віддзеркалення: для стелі – 0.7-0.8; для стін – 0.5-0.6; для підлоги – 0.3-0.5.

					МА42в.001.000.000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

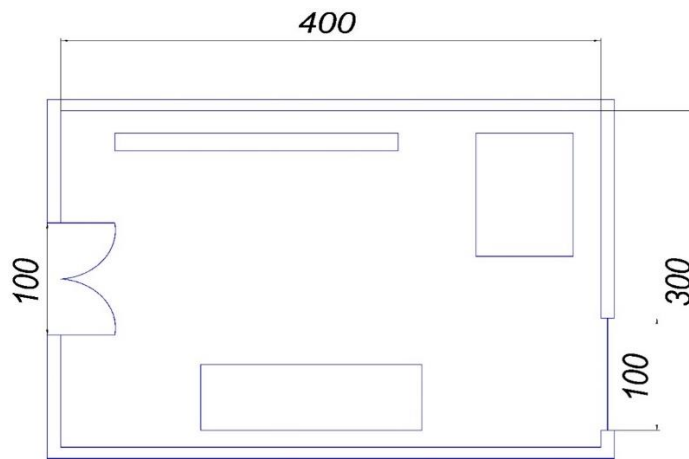


Рис.4.1 Розміри приміщення

4.2 Мікроклімат

В даному приміщенні робота з персональним комп'ютером є основною, тому воно забезпечується оптимальними параметрами мікроклімату.

Згідно класифікації робіт за важкістю та енерговитратами (ДСН 3.3.6.042-99)[15], робота за комп'ютером Іа – легка, тому оптимальні параметри мікроклімату у теплий період року є 23...25 °С та 40...60 % вологості, а у холодний період 22...24 °С та 40...60 % вологості.

Для створення зручних параметрів мікроклімату у приміщенні застосовується система вентиляції та проводиться провітрювання приміщення.

Вентиляція приміщення досягається видаленням з них нагрітого або забрудненого повітря і подачею чистого зовнішнього повітря.

Параметри мікроклімату (температура повітря, вологість і швидкість руху повітря на робочому місці) повинні відповідати вимогам. Крім того, потрібно забезпечити необхідні концентрації позитивних і негативних іонів в повітрі робочої зони. Результати досліджень показали, що позитивні іони у великій кількості негативно впливають на розумову і фізичну працездатність

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

(з'являється стомлюваність), на діяльність серцево-судинної системи і системи кровотворення, а негативні іони сприятливо впливають на здоров'ї людини.

Таблиця 4.1

Основні параметри мікроклімату

Період року	Температура, °С			Відносна вологість, %	
	Оптимальна	Фактична		Оптимальн	Дійсна
		Верхня межа	Нижня межа		
Холодний	21 - 24	24	21	40 - 60	55
Теплий	23 - 28	28	24	40 - 60	43

Середня температура приміщення в теплий період року дорівнює 25 С, відносна вологість повітря 44%.

У холодний період року, середня температура складає 23 С. Значення відносної вологості дорівнює 55%.

Всі параметри мікроклімату приміщення в теплий та холодний період року знаходяться в діапазоні оптимальних значень класифікації робіт за важкістю та енерговитратами (ДСН 3.3.6.042-99)[15], тому можна зробити висновок, що мікроклімат приміщення є сприятливим для праці.

4.3 Освітлення

Недостатність освітлення призводить до напруги зору, зниження уваги, приводить до настання передчасної стомленості. Надмірно яскраве освітлення викликає засліплення, роздратування і різь в очах. Неправильний напрям світла на робочому місці може створювати різні тіні, відблиски,

дезорієнтувати людину, що працює. Всі ці причини можуть привести до нещасного випадку або профзахворювань, тому настільки важливий правильний розрахунок освітлення, визначення необхідного числа світильників, їх типу і розміщення.

Штучне освітлення в приміщеннях для експлуатації ПК повинне здійснюватися системою загального рівномірного освітлення. У випадках переважної роботи за комп'ютером та роботою з документами, слід застосовувати системи комбінованого освітлення (до загального освітлення додатково встановлюються світильники місцевого освітлення, призначені для освітлення зони розташування документів). Згідно з документом, який регламентує норми освітлення ДБН В.2.5-28:2018[16] "Природне і штучне освітлення", робота за комп'ютером є розрядом IV-середньої точності зорової роботи.

Освітленість на поверхні столу в зоні розміщення робочого документа повинна бути 300-500 Лк. Освітлення не повинне створювати відблисків на поверхні екрану. Освітленість поверхні екрану не повинна бути більше 300 Лк.

Як джерела світла при штучному освітленні слід застосовувати переважно компактні люмінесцентні лампи. У світильниках місцевого освітлення допускається застосування ламп розжарювання, зокрема галогенних.

В приміщенні застосовується штучне освітлення комбіноване (місцеве і загальне) і природне освітлення бокове. Штучне освітлення виконується за допомогою електричних джерел світла - ламп розжарювання. Виходячи з цього, проведемо розрахунки освітленості нашого приміщення.

Розрахунок освітлення проводиться для кімнати площею 12 м², ширина якої 3.0м, висота–2.7 м. Скористаємося методом світлового потоку.

Визначимо світловий потік в приміщенні і порівняємо його з допустимим, за формулою:

					МА42в.001.000.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E_{\text{еф}} = \frac{F_{\text{л}} N n \eta}{S \cdot k_3 \cdot z}$$

де

$E_{\text{еф}}$ – розраховується світловий потік, Лк;

E – нормована мінімальна освітленість, Лк (визначається за таблицею).

Роботу програміста, відповідно до цієї таблиці, можна віднести до розряду середньої точності, отже, мінімальна освітленість буде $E = 300 \text{лк}$;

S – площа освітлюваного приміщення (у нашому випадку $S = 12 \text{ м}^2$);

z – відношення середньої освітленості до мінімальної (звичайно приймається рівним 1,1 ... 1,2, нехай $Z = 1,1$);

k_3 – коефіцієнт запасу, враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників у процесі експлуатації (його значення залежить від типу приміщення й характеру проведених у ньому робіт і в нашому випадку $K = 1,5$);

N – кількість світильників;

n – кількість ламп у світильнику.

η – коефіцієнт використання, (виражається відношенням світлового потоку, що падає на розрахункову поверхню, до сумарного потоку всіх ламп і обчислюється в частках одиниці; залежить від характеристик світильника, розмірів приміщення, фарбування стін і стелі, які характеризуються коефіцієнтами відображення від стін ($P_{\text{с}}$) і стелі ($P_{\text{п}}$)). Стеля приміщення свіжопобілена $\rho_{\text{сл}} = 70\%$, стіни мають світло-сірий колір $\rho_{\text{сн}} = 50\%$, підлога з паркету $\rho_{\text{п}} = 30\%$. Значення η визначимо по таблиці коефіцієнтів використання різних світильників. Для цього обчислимо індекс приміщення по формулі:

$$I = \frac{S}{h(A + B)} = \frac{12}{1.9 \cdot (3 + 4)} = 0.902$$

де

S – площа приміщення, $S = 12 \text{ м}^2$;

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

h - розрахункова висота підвісу, $h = 1.9$ м;

A - ширина приміщення, $A = 3$ м;

B – довжина приміщення, $B = 4$ м.

Підставивши значення отримаємо:

Знаючи індекс приміщення I , за таблицею знаходимо $\eta = 0,39$.

Для освітлення використовується люмінесцентні лампи типу Lights Led, світловий потік яких $F = 3400$ Лк.

Підставимо всі значення у формулу для визначення світлового потоку E_{ef} :

$$E_{ef} = \frac{3400 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 0,39}{12 \cdot 1,5 \cdot 1,1} = 401.8 \text{Лк}$$

$E_{ef} = 401.8$ Лк, що знаходиться в межах норм освітлення (300-500 Лк), при цьому розряді зорової роботи.

Отже, можна зробити висновки, що освітленість приміщення достатня згідно ДБН В.2.5-28:2018[16] "Природне і штучне освітлення", а освітленість екрану задовольняє нормам.

4.4 Електробезпека

Електробезпека – це система організаційних та технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

В приміщення одночасно експлуатується і обслуговується 1 персональний ЕОМ, у доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач та електричний щит з запобіжником, що може повністю виключити електричний струм приміщення, крім освітлення. Заземлення електричного щита виконано із заземленою нейтраллю, а розетки лабораторії виконані з захисним зануленням.

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім того, кожен ПК в приміщенні на випадок перенавантаження електричної мережі, підключений в розетку з окремим запобіжником виключення.

Для підключення іншої переносної електроапаратури використовуються гнучкі проводи в надійній ізоляції, також з додатковим запобіжником вимикання, також електропроводка від переносних приладів до джерел живлення виконується найкоротшим шляхом без заплутування проводів у приладів і меблів.

Приміщення відповідає усім нормам електробезпеки за ПУЕ та є придатним та безпечним для роботи.

4.5 Пожежна безпека

Приміщення, в яких встановлені ПК, по пожежній небезпеці відносяться до категорії В, і повинні задовольняти вимогам по запобіганню і гасінню пожежі, з обов'язковою наявністю телефонного зв'язку і пожежної сигналізації.

Меблі в приміщенні кімнати із МДФ, дверні та віконні переплети із металопластика, корпуса ЕОМ і приладів із металу та полімерних матеріалів. По вибуху і пожежо-небезпечності приміщення відноситься до категорії В

Для такого приміщення підбираємо вогнегасник вуглекислотний ВВК-1,4 (ОУ 2) в кількості 1 шт.

4.6. Робота за комп'ютером

Виходячи з того що, робота проводиться за персональним комп'ютером, потрібно поводити з ним належним чином.

Правила роботи за комп'ютером:

					МА42в.001.000.000 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

- Виберіть правильну позу. А саме: прямо навпроти екрану, верхня частина монітора на рівні очей або трохи нижче.

- Дотримуйтесь відстань від очей до монітора - 55-60 см (відстань витягнутої руки). Нижня частина монітора повинна бути нахилена під невеликим кутом до працюючого (тобто, розташована трохи ближче).

- Вибирайте для роботи за комп'ютером зручне крісло. Бажано, щоб це було ергономічне (ортопедичне) крісло з підлокітником і підголівником.

- Щогодини робіть перерви на 15-20 хвилин. Перерва, в якому Ви просто блукаєте по Інтернету або граєте за комп'ютером, не рахується.

- Виконуйте якомога частіше вправи для очей.

Вправи для очей:

Наступні вправи допоможуть Вам зняти зорову напругу при роботі за комп'ютером. Вправи рекомендується виконувати щодня. Під час виконання слід відвернутися від монітора або зовсім вийти з приміщення, де знаходиться комп'ютер.

1. Стоячи обличчям до вікна, знайдіть очима максимально віддалений об'єкт в межах видимості. На глибокому вдиху переведіть погляд на кінчик носа. На видиху знову знайдіть поглядом найдаальший об'єкт у вікні, потім вдихніть і подивіться вгору. Знову видих - і погляд у вікно. Повторіть вправу 2-3 рази.

2. Закрийте повіки і розслабте очі. У такому положенні робіть обертальні рухи очима спочатку за годинниковою стрілкою, потім проти неї. Зробіть по 5 обертань вправо і вліво.

3. Відкритими очима повільно «намалюйте» в повітрі вісімку: по діагоналі, по горизонталі, по вертикалі. 5-7 вісімок в кожному напрямку буде досить, щоб Ваші очі відпочили.

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки: В розділі охорона праці ми розглянули умови та безпеку праці, приміщення для написання дипломного проекту . Зробили огляд загальний мікроклімат приміщення , виконали розрахунок освітлення і загалом умови праці на робочому місці. Проаналізували пожежну безпеку в приміщенні, та дійшли висновку, що вона відповідає вимогам. За розрахунками освітлення було прийнято не використовувати місцеве освітлення.

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальні висновки

1. Проведено аналіз недоліків пневматики, за рахунок порівняння з гідравлічними та електричними приводами на різних показниках потужностей та порівняння ціни на робоче тіло пневматичного ресурсу та переваг у вигляді простоти та особливостей виробництва;
2. Розглянуті існуючі види автоматичних ліній та автоматизованої пневматичної лінії ПРК.0852 і її складову частину;
3. Запропоновано, з урахуванням недоліків пневматики, реалізацію модернізації автоматичної лінії ПРК.0852;
4. На основі відомої схеми були сформульовані цілі, задачі та реалізація модулю для збереження частини використаного пневматичного ресурсу;
5. Проведено розрахунки приводу, до якого буде під'єднана модернізація;
6. Теоретичним ефектом від модернізації має слугувати: збережена пневматична енергія у доданому ресивері, гальмування штоку виконується за рахунок подачі сигналу з контролера на вбудований до циліндру розподільник з електрокеруванням, який перемикає на лінію з клапаном тиску та ресивером;
7. Проведені розрахунки з технології машинобудування та охорони праці.

					МА42в.001.000.000 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Список джерел:

1. Пелевін Л.Є., Балака М.М., Аржаєв Г.О. Механотронні системи гідропневмоавтоматики.
2. Підйомний стіл для різки скла механічним ломателем «Мастер 2.0». (режим доступу: <http://docplayer.ru/43165902-Pasport-podemnyy-stol-dlya-rezki-stekla-s-mehanicheskim-lomatelem-master-2-0m.html> - на 16.05.2018)
3. Автоматизація процесу упаковки виробів (режим доступу: <http://masters.donntu.org/2013/fimm/pupysheva/library/article04.htm> - на 17.05.2018)
4. Методичні вказівки до лабораторної роботи № 5 “Вивчення конструктивної будови пневматичних приводів промислового робота МП-9С та дослідження їх технічних характеристик” з курсу “Гнучкі автоматизовані виробництва та роботехнічні комплекси” для студентів спеціальності 6.092501, 6.092502 / Укл. В.Б.Савків. – Тернопіль: ТДТУ, 1999. – 16 с.
5. Герц Е.В., Крейнин Г.В. Расчет пневмоприводов. Справочное пособие.- М.: Машиностроение, 1975. 272 с.
6. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Пневмопривод». Изучение конструкции и принципа работы пневмоаппаратуры высокого давления.-Киев : КПИ, 1981.
7. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Пневмопривод», ч.П.-Киев : КПИ, 1981.
8. Пневматические устройства и системы в машиностроении. Справочник (Под общ. Ред. Герц Е.В. – М.: Машиностроение, 1981. 408 с.
9. Элементы и устройства пневмоавтоматики высокого давления. Каталог-справочник.-М.: НИИМАШ, 1978
10. Верстат СБУ-100Г (режим доступу: <http://enciklopediya-tehniki.ru/burovye-mashiny-dlya-otkrytyh-gornyh-rabot/pnevmaticheskie-sistemy.html> - на 29.05.2018

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Галецький О.С. Застосування системи рекуперації пневматичної енергії у залізничному транспорті / Галецький О.С // Тези, доповіді XXII міжнародної науково-технічної конференції «Гідроаеромеханіка в інженерній практиці» 23-26.05.2017
12. Gavva, O. Scientific bases of method of synthesis for the structure of machines that provide packing process by foodstuffs / O. Gavva, L. Kruvoplyas-Volodima, M. Maslo // Ukrainian Journal of Food Science. – 2014. – #2 – p. 89 – 96.
13. Горчакова О.М. Дослідження ефективності роботи пневмопривода з функцією рекуперації енергії в пристроях пакувального обладнання / О.М. Горчакова, М.В. Якимчук, Л.І. Іванова, В.М. Якимчук // Харчова промисловість №20 – 2016.
14. Схема машини (апарата) контактної зварки (режим доступу: <http://weldzone.info/oborudovanie/machines/129-contact-welding/291-scheme> - на 05.06.2018)
15. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – Постанова МОЗ України №42 від 01.12.1999: К. – 1999. – 12 с.
16. ДБН В.2.5–28–2018. (Державні Будівельні Норми України). “Природне і штучне освітлення”. Мінбуд України. Київ, 2018.

					МА42В.001.000.000 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			МА42в.001.000.002 СК	Пневмоциліндр	1	
				<u>Деталі</u>		
A3		1	МА42в.001.001.002	Шток	1	
A4		2	МА42в.001.002.002	Втулка задня	1	
A3		3	МА42в.001.003.002	Кришка задня	1	
A3		4	МА42в.001.004.002	Корпус	1	
A4		5	МА42в.001.005.002	Поршень	1	
A3		6	МА42в.001.006.002	Цапфа	1	
A3		7	МА42в.001.007.002	Кришка передня	1	
A3		8	МА42в.001.008.002	Втулка передня	1	
A4		9	МА42в.001.009.002	Втулка штокова	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
				Болт М9х1.5 ГОСТ 7798-70	4	
				Гайка М9 5927-70	4	
				Маслоз'ємник Ø32 ГОСТ 9515-81	1	
				Манжети ущільнювальні гумові	2	
				ГОСТ 14896-84		
				Ущільнення ГОСТ 18829-2017	1	

					МА42В.001.000.002 СП				
Изм	Лист	№ докум.	Подп	Дата					
Разраб.		Ошкін			Пневмоциліндр	Лит.		Лист	Листов
Пров.		Галецький						1	3
						КПІ ім. Ігоря Сікорського			
Н.контр.									
Утв.									

[illegible]

Форм.	Знач.	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A			МА42в.001.000.003 СК	Пневматичний	1	
				<u>Деталі</u>		
A	1		МА42в.001.001.002	Кришка задня	1	
A	7		МА42в.001.002.002	Поршень	1	
A	11		МА42в.001.003.002	Корпус	1	
A	19		МА42в.001.004.002	Золотник	1	
	24		МА42в.001.001.002	Кришка передня	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
				Болт М12х1.5 ISO 4014	2	
				Болт М7х1.5 ГОСТ 7798-70	6	
				Болт М2х0,5 ГОСТ 7805-70	4	
				Гайка М12 ISO 4032	2	
				Гайка М7 5927-70	6	
				Гайка М2 5915-70	4	
				Кулька Ø4.5 ГОСТ 3722-2014	2	
				Кулька Ø7.5 ГОСТ 9095-89	1	
				Пружина ГОСТ 1086-0774	1	
				Пружина ГОСТ 1086-0765	2	
				Ущільнення ГОСТ 18829-2017	4	
				Ущільнення ГОСТ 32600-2012	1	
				Штуцер ГОСТ 21858-78	3	
				МА42в.001.000.002 СП		
И	Лис	Недокум.	Пол	Ла		
Разр	Ошкін				Лит.	Лист
Пров	Галецький					Листов
Утв.						
Пневматичний розподільник					3	3
					КПІ ім. Ігоря Сікорського	